

Die direkte Erzeugung von elektrischer Energie aus LENR



Infinite Energy (Ausgabe 163, November 2022-Februar 2023) 7-29

Direct Electrical Production from LENR

David J. Nagel

nagel@gwu.edu



Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden verschiedene Ansätze zur direkten Erzeugung von elektrischer Energie mittels Anregungen aus den Niederenergetischen Kernreaktionen (LENR) vorgestellt. Einige der Methoden liefern nur niedrige Spannungen, Ströme und Leistungen. Es werden verschiedene Anstrengungen unternommen, um die Leistungsfähigkeit dieser Verfahren zu verstehen und zu verbessern. In einem kürzlich erschienenen Bericht von Egely wird ein Gerät beschrieben, mit dem die elektrische Energie um den Faktor 10 vergrößert werden kann. Für diese Technologie müssen sowohl unabhängige Tests vorgenommen als auch die Vermarktung in Angriff genommen werden.

1. Einführung

Für das Leben ist die chemische Energie aus Nahrungsmitteln unverzichtbar. Die optische und die akustische Energie ermöglichen es uns, zu sehen und zu hören. Die Elektrizität stellt zweifellos die nächste nützliche Energieform dar, die dem Menschen zur Verfügung steht, doch viele Energiequellen lassen sich nicht direkt in einem Schritt in elektrische Energie umwandeln. Die fossilen Brennstoffe sind dafür ein Paradebeispiel. Sie müssen zunächst verbrannt werden, um Wärmeenergie zu erzeugen, die dann wiederum zur Stromerzeugung genutzt werden kann. In ähnlicher Weise wird die potenzielle Energie des Wassers genutzt, um in Turbinen mechanische Bewegung zu erzeugen, die dann Generatoren antreibt. Auch die Windenergie führt zu Bewegung, die Generatoren antreibt. Allerdings ermöglichen bestimmte andere Energiequellen eine direkte, d. h. eine einstufige Erzeugung von Strom. Die Nutzung von Sonnenlicht und Solarzellen ist hierfür ein wichtiges Beispiel. Eine weitere nützliche Technologie besteht in der Verwendung thermoelektrischer Materialien zur Umwandlung von Wärme in Elektrizität, insbesondere solcher Wärme, die ansonsten ungenutzt bleiben würde.

Schon seit langem besteht ein Interesse daran, Strom direkt aus Plasmen zu gewinnen. So ist es möglich, die positiven (Ionen) und negativen (Elektronen) Ladungen in einem Plasma voneinander zu trennen, um daraus eine Spannung zu erzeugen. Dies geschieht dadurch, dass das Plasma durch ein statisches Magnetfeld geleitet wird.^[1] Die Lorentzkraft^[2] wirkt auf die positiven und die negativen Ladungen im Plasma in unterschiedliche Richtungen, was eine Ladungstrennung und damit eine Spannungsentwicklung zur Folge hat. Da es sich beim Plasma um ein leitendes Medium handelt, führt der Durchgang eines Plasmas durch ein Magnetfeld zur Erzeugung einer Spannung entlang der gesamten Ausdehnung des Plasmas. Die Situation ist vergleichbar mit der Bewegung eines Leitungsdrahtes durch ein Magnetfeld in einem Stromgenerator.^[3] In ganz ähnlicher Weise führt die Erzeugung eines sich

Direct Electrical Production from LENR

David J. Nagel*

Abstract — This paper reviews various approaches to the direct production of electrical power by using activation from Low Energy Nuclear Reactions (LENR). Some of the methods only provide low voltages, currents and powers. Efforts are underway to understand and improve the outputs of these techniques. One recent report by Egely describes a device that magnifies electrical energy by as much as a factor of 10. That technology requires both independent testing and commercialization.

1. Introduction

Chemical energy available from foods is necessary for life. Optical and acoustic energy enable our senses of sight and hearing. Electricity is arguably the next most useful form of energy available to humans. Many energy sources cannot produce electricity directly in one step. Fossil fuels are a prime example. They must be burned to release their energy, which is then converted to mechanical energy. Similarly, the potential energy of water is used to induce mechanical motion in turbines, which power generation. And, wind energy likewise produces motion that power generators. However, some other sources of energy do permit direct, that is, nearly simultaneous production of electrical energy. This article will focus on one such source, which is called LENR. It is an important example. Using homogeneous materials to turn any heat, especially heat that would otherwise be wasted, into electricity is another useful technology.

There has long been an interest in direct conversion of electricity from plasma. It is possible to separate the positive and negative charges in a plasma and then generate a voltage. That can be done by passing the plasma through a static magnetic field.¹ The Lorentz force² will act in different directions on the positive and negative charges in the plasma, leading to charge separation and voltage development. Since a plasma is a conductive medium, moving a plasma through a magnetic field will also move the charges within the plasma. The situation is like the motion of a wire conductor in a magnetic field within an electrical generator.³ Similarly, producing a moving magnetic field in the presence of a plasma will also generate electricity. However, they are not to produce electricity, a more practical name is commonly called a magnetohydrodynamic (MHD) generator.

MHD plays a central role in the confinement and control of hot plasmas in fusion research systems. Most hot fusion plasmas are used to produce thermal energy. However, in some cases, hot fusion plasmas are used to produce electronic beams of deuterons and He-3 to generate electrical power.⁴ Information on Helion and its funding is available at the company Helion's website.

Most of the attention to energy generation with LENR has been directed to fusion reactors. If the temperatures are high enough, there can be little doubt that it is possible to generate electricity, albeit with the normal inefficiencies due to thermal losses and Carnot limitations. However, for several years, there has been some attention to direct electrical production with LENR. That approach does not require

the additional intermediate step of producing heat, and then converting some of the thermal energy to electrical energy. A few approaches to direct conversion of LENR energy to voltages have appeared in the literature. In one, the charge separation needed to generate a voltage is achieved using semiconductors with junctions that provide charge separation to the two electrodes. In another, there are other materials that have gaps between the two electrodes. These LENR devices, which have gaps without materials between them, have been demonstrated. In one, there is gas in the gap and in the other an intermediate plasma is produced. If direct conversion of LENR energy to electrical energy can be made reliable and efficient, perhaps it might be a complex and cheaper way to produce of heat and the use of generators. Interest in direct electron production from LENR has grown rapidly in recent years, and is reviewed in this paper. We first survey some old papers that are relevant to this topic. Then, we review systems using solid semiconductors, which have gaps between the electrodes. Next, we summarize the systems with gaps without solids connecting the electrodes. There are different gases or plasmas at various pressures in the gaps.

The techniques reviewed in the rest of this paper involve different types of stimuli to produce output voltages, possibly with no input. In some cases, there is no input, so that the output voltages are spontaneous. In other cases, there is electrical input, so that the device acts as an electrical power amplifier. For one of the cases, the input electrode is connected to an external source of energy or plasma, which in turn stimulates an electric current.

A central issue in all cases is how to produce the charge separation needed to generate voltage. Separating charges is equivalent to going this energy because of the work that must be done against the electrostatic attraction. Recall that the basic principle of all electrical power generation is that produce charge separation, which are operate at the various devices, need to be understood. Another common issue with many of the devices is whether the measured voltage are instead due to nuclear reactions, or can they be explained by chemical reactions. If the output voltage is due to nuclear reactions, what is the relationship, what might be termed "commercial" LENR? And, can the devices reviewed in this paper be used to increase our understanding of any of the diverse LENR experiments, regardless of whether or not they can be made into practical generators?

bewegenden Magnetfeldes in Anwesenheit eines Plasmas zur Erzeugung von Strom. Unabhängig von der Art der Stromerzeugung wird ein Plasmasystem gemeinhin als magnetohydrodynamischer Generator (MHD-Generator) bezeichnet.

Der MHD-Generator spielt bei der Begrenzung und Kontrolle heißer Plasmen in Systemen zur Fusionsforschung eine zentrale Rolle. Die meisten heißen Fusionsplasmen werden zur Erzeugung thermischer Energie genutzt. In einigen Fällen wird die heisse Fusion jedoch auch zu einer direkten Stromerzeugung entwickelt. So versucht das Unternehmen Helion, die aneutronische Fusion von Deuteronen und He-3 zur Erzeugung von elektrischen Impulsen zu nutzen.^[4] Zu Helion und seiner Finanzierung liegen entsprechende Informationen vor.^[5]

Im Zusammenhang mit der Energieerzeugung durch LENR wurde die meiste Aufmerksamkeit bisher der Erzeugung von Wärme gewidmet. Wenn die Temperaturen hoch genug sind, d. h. über 300 bis 400 °C, ist es möglich, Strom zu erzeugen, wenn auch mit den üblichen Ineffizienzen aufgrund von Wärmeverlusten und Carnot-Grenzen. Seit einigen Jahren richtet sich die Aufmerksamkeit jedoch auch auf die direkte Stromerzeugung mit LENR. Bei diesem Ansatz entfällt der ineffiziente Zwischenschritt der Wärmeerzeugung sowie die anschließende Umwandlung eines Teiles der thermischen Energie in elektrische Energie. In der Literatur sind einige Ansätze zur direkten Umwandlung von LENR-Energie in elektrische Spannung beschrieben worden. Bei einem dieser Ansätze erfolgt die Ladungstrennung, die zur Erzeugung einer Spannung erforderlich ist, mit Hilfe von Halbleitern, deren Übergänge eine Ladungstrennung an beiden Elektroden ermöglichen. In einem weiteren Verfahren befinden sich zwischen den beiden Elektroden noch andere Materialien. Zwei verschiedene Typen von LENR-Geräten mit direkter Umwandlung, bei denen sich in den Zwischenräumen keine Materialien befinden, wurden bereits demonstriert. Bei der einen befindet sich im Spalt ein Gas, bei der anderen wird ein intermediäres Plasma erzeugt.

Wenn es gelingt, die direkte Umwandlung von LENR-Energie in elektrische Energie zu einem zuverlässigen und effizienten Verfahren zu machen, könnte es sich als weniger komplex sowie kostengünstiger erweisen als die Erzeugung von Wärme und der Einsatz von Generatoren. Das Interesse an einer direkten Erzeugung von Elektronen aus LENR hat in den letzten Jahren rapide zugenommen und soll in diesem Beitrag näher beleuchtet werden. Zunächst geben wir einen Überblick über einige ältere Arbeiten, die für das Thema relevant sind. Anschließend werden Systeme vorgestellt, die zwischen den Ausgangselektroden feste Halbleiter und andere Materialien verwenden. Anschließend fassen wir die Systeme mit Spalten ohne Festkörper zwischen den Elektroden zusammen. In den Spalten befinden sich verschiedene Gase oder Plasmen bei unterschiedlichen Drücken.

Die im weiteren Verlauf dieses Artikels behandelten Verfahren umfassen verschiedene Anregungsarten zur Erzeugung von Ausgangsspannungen, die möglicherweise oder mit Sicherheit auf Kernreaktionen zurückzuführen sind. Teilweise erfolgt keine Energiezufuhr, so dass die Ausgangsspannungen spontan auftreten. In anderen Fällen erfolgt eine Energiezufuhr, so dass das Gerät wie ein elektrischer Leistungsverstärker funktioniert. In einem Fall erfolgt zunächst eine Umwandlung der zugeführten elektrischen Energie in eine andere Energieform (ein Plasma), welche dann wiederum eine elektrische Ausgangsleistung anregt.

In allen Fällen geht es um die Frage, wie die Ladungstrennungen hervorgerufen werden können, welche für die Erzeugung von Spannungen erforderlich sind. Eine Ladungstrennung ist gleichbedeutend mit Energiezufuhr, denn es muss Arbeit verrichtet werden, um der elektrostatischen Anziehung entgegenzuwirken. Es sei daran erinnert, dass Spannungen als Energieeinheiten pro Ladung definiert sind. Die Mechanismen, welche zu einer Ladungstrennung führen und in den verschiedenen Geräten zum Tragen kommen, müssen verstanden werden. Eine weitere Frage, die sich bei vielen Geräten auftut, ist die nach der Ursache der gemessenen Spannungen: Sind diese tatsächlich auf Kernreaktionen zurückzuführen, oder lassen sie sich mit bestimmten chemischen Reaktionen erklären? Sollten die Ausgangsspannungen auf Kernreaktionen zurückzuführen sein, in welchem Verhältnis stehen sie dann zu dem, was als „konventionelle“ LENR bezeichnet werden könnte? Und können die in dieser Arbeit

untersuchten Geräte dazu beitragen, unser Verständnis von irgendeinem der diversen LENR-Experimente zu vertiefen, ganz unabhängig davon, ob sie dazu geeignet sind, einen praxistauglichen Generator zu entwickeln oder nicht?

2. Systeme zur direkten Umwandlung auf der Basis von Halbleitern

Bevor wir uns mit den Berichten bezüglich dieses Ansatzes zur direkten Umwandlung von LENR-Energie in Elektrizität befassen, sollen zunächst die notwendigen Grundlagen zur Funktionsweise von Halbleitermaterialien in Schaltkreisen dargelegt werden. Bekanntlich lassen sich Halbleiter mit geringen Mengen diverser Atome dotieren, um ein Verhalten zu erzielen, das einem Überschuss oder einem Mangel an Bindungselektronen gleichkommt. Dotierte Materialien, in denen Atome mit zusätzlichen Elektronen enthalten sind (wie z. B. Bor), werden als n-Typ bezeichnet, da Elektronen eine negative Ladung aufweisen. Materialien, die mit Atomen dotiert sind, welche weniger Bindungselektronen als Silizium besitzen (wie z. B. Aluminium), weisen in ihrer Elektronenstruktur „Löcher“ auf, die positiven Ladungen gleichkommen, weshalb sie als p-Typ bezeichnet werden. Kommen beide Halbleitertypen miteinander in Kontakt, bildet sich ein pn-Übergang, der über äußerst wünschenswerte Eigenschaften verfügt.

Bei pn-Übergängen ist das Fermi-Niveau (die chemische Energie) angeglichen. Der Effekt ist vergleichbar mit dem ebenen Wasserspiegel in einem Schwimmbad (bedingt durch die Gravitation), welcher sich unabhängig von der Tiefe des Beckens einstellt. Solche pn-Übergänge weisen Verschiebungen in den Energiebändern auf, was den Fluss von Elektronen und Löchern in bestimmte Richtungen ermöglicht. Dieser Vorgang ähnelt dem in einer Solarzelle. Abbildung 1 veranschaulicht die Energiebänder und -niveaus, wie sie in der Umgebung eines beleuchteten pn-Übergangs bestehen.^[6]

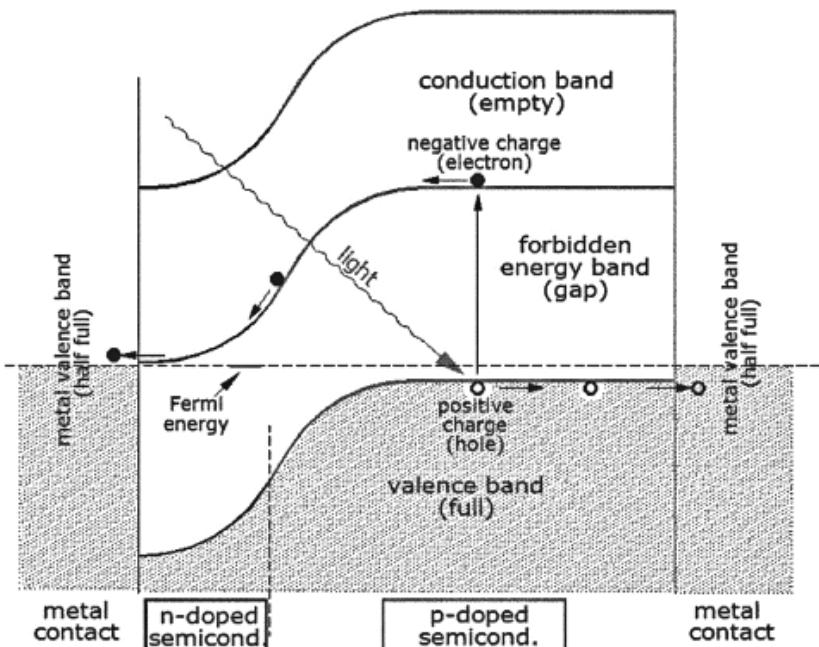


Abbildung 1. Das Fermi-Niveau, dargestellt durch die gestrichelte Linie, ist jene Energie, die benötigt wird, um ein Elektron aus dem System zu entfernen, und liegt auf beiden Seiten des Übergangs von Typ-n- und Typ-p-Halbleitern auf demselben Niveau.

Wird ein Photon vom p-Typ-Halbleiter absorbiert, steigt ein Elektron in jenes Leitungsband auf, in welchem es innerhalb des leeren Leitungsbandes zu einem niedrigeren Energiezustand im n-Typ-Material wandert. Folglich fließen die Elektronen aus dem n-Typ-Material zur angeschlossenen Metallelektrode. In umgekehrter Richtung wandern die im gefüllten Valenzband entstandenen Löcher aus dem p-Typ-Bereich in den externen Stromkreis. Die Situation ähnelt derjenigen, in der das Photon vom n-Typ-Material absorbiert wird. Daraufhin wandern die Löcher in das p-Typ-Material und dessen Elektrode. In beiden Fällen kommt es zu einer Ladungstrennung, und zwischen den beiden Elektroden entsteht eine Spannung, die zur Versorgung externer Geräte genutzt werden kann. Bei einem LENR-

System basiert die Anregung der Elektronen auf der aus den Kernreaktionen stammenden Energie. Aus diesem Grund werden in den LENR-Systemen mit direkter Umwandlung die Halbleiter in der Nähe der LENR-aktiven Materialien platziert. Die Kopplung der Energie aus den Kernreaktionen mit dem Bereich des pn-Übergangs stellt ein Schlüsselproblem dar.

• *Fusionsdioden nach David und Giles.* Die erste Veröffentlichung zur direkten Stromerzeugung nach der Bekanntgabe durch Fleischmann und Pons wurde im Jahr 2008 durch David und Giles vorgelegt.^[7] Bevor hier auf diese Veröffentlichung eingegangen wird, ist es hilfreich zu wissen, dass David in den 1990er Jahren zwei Patente angemeldet hatte, die mit der Veröffentlichung von 2008 im Zusammenhang stehen. In einem davon^[8] patentierte er den Konstruktionsplan für eine elektrochemische Zelle mit einer Platinanode und schwerem Wasser, bei der die Kathode eine Innovation darstellte. Sie bestand aus einer auf einem Siliziumsubstrat aufgetragenen Palladium-schicht. Diese Konstruktion führte an der Grenzfläche zwischen dem Metall und dem Halbleiter zu einem energiereichen elektrischen Feld, das möglicherweise in der Lage war, Kernreaktionen auszulösen. Im zweiten Patent^[9] verwendete David eine Mischung aus Palladium- und Siliziumpulver in einem Zylinder, der mit Tritiumgas gefüllt war, und legte dann über die Pulversäule eine Spannung an. Ziel der Vorrichtung war es, Kernreaktionen unter Beteiligung des Tritiumgases auszulösen und auf diese Weise dessen Radioaktivität zu eliminieren.

In der Veröffentlichung aus dem Jahr 2008 beschreiben David und Giles ein Gerät namens Fusionsdiode. In der Zusammenfassung ihres Artikels finden sich dazu einige nützliche Details:

Normalerweise wird durch die Reaktion im Rahmen der Kalten Fusion Wärme erzeugt. Die Autoren haben nach einem anderen Ansatz gesucht, bei dem das Gerät keine Energiezufuhr benötigt und sich stattdessen auf die durch die Kalte Fusion im Gerät selbst erzeugte Energie stützt. Die Vorrichtung besteht aus Dioden, welche in Pulverform gefertigt werden, mit einem großflächigen Übergang, der aus einem Halbleiter besteht, welcher wiederum mit deuteriumbeladenem Palladium gekoppelt ist. Die offensichtlichen Fusionsreaktionen erfolgen an der Grenzfläche zwischen dem Halbleiter und dem Palladiumpulver, wodurch eine Anregung hervorgerufen wird, welche sich auf die Elektronen überträgt. Die Anregung erhöht deren Energie und ermöglicht es ihnen, die Bandlücke des Halbleiters zu überwinden und in das Leitungsband zu gelangen – wie bei einer Photovoltaikzelle.

Die Fusionsdiode bestand aus einer Mischung von Palladium- und Siliziumpulver in einem Glasröhrchen von 7 mm Durchmesser und 60 mm Länge. Das Röhrchen war an beiden Enden mit Elektroden versehen und versiegelt, wobei Vorkehrungen dafür getroffen wurden, in das Röhrchen bei einem Druck von 1,5 Atmosphären Gas einzuleiten. Über die Länge der Glasröhrchen, von denen jeweils ein Ende mit Glasperlen oder Glaswolle verschlossen war, aber für den Gasdruck zugänglich war, herrschte in der lokalen Konzentration der beiden Pulver ein Gefälle. In einem abgedichteten und mit Gas gefüllten Metallrohr befanden sich in einer Reihe ein bis drei solche Glasröhrchen. Abbildung 2 zeigt verschiedene Generationen des Außengehäuses der Fusionsdioden.

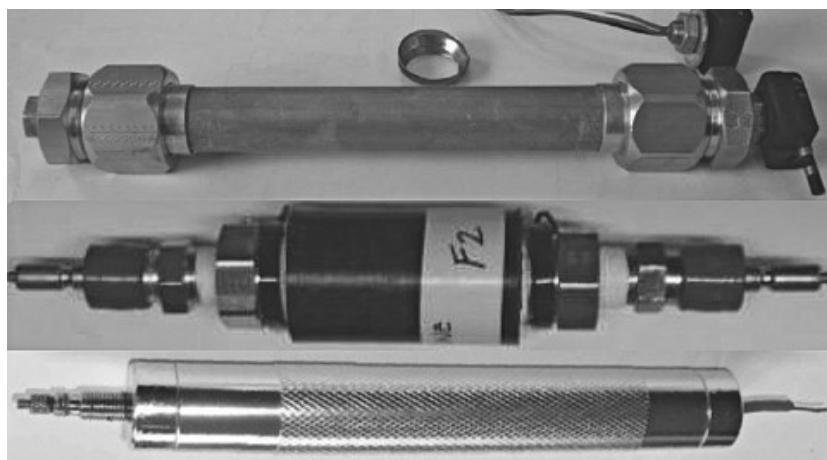


Abbildung 2. Drei Generationen des Außengehäuses für die im Inneren befindlichen Fusionsdiodenröhren: Mark III (oben), Mark IV (Mitte) und Mark V (unten).

Bei der Verwendung von Argongas in den Fusionsdioden konnte zunächst eine Spannung von etwa 15 mV erzeugt werden, die innerhalb eines Tages jedoch auf einen Wert von nahezu null abgefallen ist. Wurde das Metallrohr mit dem H₂- oder dem D₂-Gas unter Druck gesetzt, entstand eine Ausgangsspannung von fast 0,2 V. Bei Verwendung von Wasserstoffgas traten nach etwa einem Tag Spannungen von bis zu 0,35 V auf. Bei Verwendung von Deuteriumgas stiegen die Spannungswerte auf bis zu 0,5 V an, und auch dies innerhalb eines Tages. Der zeitliche Verlauf der Spannungen erfolgte nicht monoton, vielmehr kam es während der Versuche zu plötzlichen Spannungsabfällen oder -anstiegen. Die Graphen der Spannung über der Zeit, wie sie in dem Bericht gezeigt werden, decken etwa 1,5 Tage ab. Der Bericht enthält keine Informationen über die Reproduzierbarkeit der Spannungsverläufe für das H₂- oder das D₂-Gas von Durchlauf zu Durchlauf mit denselben oder mit verschiedenen Geräten.

David und Giles schreiben, dass die Verwendung von Pulvern „eine Kontaktzone (einen Übergang) zwischen dem Halbleiter und dem Palladium schafft. Diese Kontaktzone liefert eine sehr große Kontaktfläche. Von Bedeutung ist, dass es nicht nur zu einer Spannung kommt, sondern dass diese Spannung auf eine dünne Zone, die Sperrsichtzone, konzentriert ist. Beträgt die Dicke der Kontaktzone 0,5 Mikrometer und die Spannung 0,5 Volt, dann beträgt die Feldstärke eine Million Volt pro Meter. Wir gehen davon aus, dass die Fusionsreaktion des Deuteriums sich in diesem Feld mit einer Million Volt pro Meter vollzieht.“ Weiter heißt es dort: „Angeschlossen an einen Widerstand, der die gleiche Größenordnung aufweist wie der Innenwiderstand der Diode (einige hundert Kiloohm), haben wir eine Leistung im Mikrowattbereich gemessen.“ Sie stellten einen interessanten Vergleich zwischen ihrer Fusionsdiode und dem Kernspaltungsmeiler von Fermi und seinem Team in Chicago im Jahr 1942 an: „Die Fusionsdiode besteht aus 1 g Palladium und hatte eine elektrische Leistung im Mikrowattbereich, was einem Verhältnis von Leistung zu Masse von 10^{-6} W/g entspricht. Der Chicago Pile 1 hatte ein Verhältnis der Leistung zum Gewicht von $0,25 \times 10^{-6}$ W/g.“ Wie groß der Widerstand der Last für die Messung der Leistung der Fusionsdiode war, wurde nicht angegeben. Er könnte im Mega-Ohm-Bereich gelegen haben, ein üblicher Wert für den Eingang eines Voltmeters.

In einem weiteren Aufsatz ein Jahr später^[10] erklärten die beiden Autoren, dass mit Fusionsdioden Spannungen von „über 1 V“ erzeugt werden könnten. In diesem Aufsatz vertraten sie die Ansicht, dass die mit Wasserstoffgas erzeugten Spannungen auf die geringe Menge an Deuterium im H₂ zurückzuführen seien. Sie warfen die Frage nach der Quelle der von ihnen gemessenen Spannungen auf. Waren sie auf chemische oder auf nukleare Effekte zurückzuführen? Diese Frage bleibt offenbar ungeklärt. In der zweiten Arbeit schreiben die Autoren von täglichen Temperaturschwankungen im Labor. Die Zeitskala in ihrem Diagramm, wie sie sich auch in der ersten Veröffentlichung findet, ist mit solchen Schwankungen jedoch nicht vereinbar. Die schematische Darstellung der Fusionsdiode in der Veröffentlichung aus dem Jahr 2009 entsprach im Wesentlichen der Zeichnung des Gerätes aus dem Patent von 1996.

Der dritte Beitrag^[11] von David und Giles über Fusionsdioden stammt aus dem Jahr 2011. Darin wurden die Bemühungen der Autoren beschrieben, die Leistung von LENR mit Hilfe der Kalorimetrie zu messen. Dabei wiesen sie darauf hin, dass elektrische Messungen wesentlich einfacher zu realisieren sind als die Kalorimetrie – einer der Vorteile einer direkten Erzeugung von elektrischer Energie. Sie berichteten, dass „die Spannung nach einigen Wochen abfällt. Den Abfall der Energieproduktion der Diode können wir anhand von zwei Hypothesen erklären: der Austritt des Deuteriums aus dem Behälter oder das Ende einer elektrochemischen Reaktion durch einen Mangel an adsorbiertem Sauerstoff.“ Die Arbeit aus dem Jahr 2011 enthielt eine Aussage über zukünftige Verbesserungen der Fusionsdioden: „Die Autoren planen den Bau eines neuen Typs von Fusionsdioden: Statt einer Pulvermischung wollen wir Scheiben verwenden, die aus dünnen Kupferblechen geschnitten sind. Eine Seite dieser Scheiben wird durch Vakuummetallisierung mit Palladium beschichtet, die andere Seite mit einem organischen Halbleiter. Durch die Stapelung von mehreren Hundert dieser Scheiben glauben wir, dass es möglich sein wird, weitaus höhere Spannungen zu erzeugen.“ Später wurden Geräte mit Scheiben anstelle von Pulvern gefertigt und getestet. In der Veröffentlichung aus dem Jahr 2011 wurden zudem die Vorstellungen der Autoren über die in ihren Geräten zum Tragen kommenden Wirkmechanismen dargelegt.

Der nächste Beitrag in einer ganzen Reihe wurde von David im Jahr 2015 auf einem Workshop in Toulouse vorgestellt.^[12] In der Zusammenfassung heißt es unter anderem: „Der Autor schlägt neue Experimente zur Untersuchung von Wasserstoffisotopen in Metalllegierungen vor und zeigt einige experimentelle Ergebnisse auf dem Gebiet von LENR.“ Die Fusionsdiode wird als „Clarendon-Effekt“ bezeichnet, nach einem berühmten Labor in Großbritannien.^[13] Der Beitrag bietet im Wesentlichen

einen Überblick über die Experimente auf diesem Gebiet. Er enthält keine neuen experimentellen Ergebnisse, da die Fusionsdiode als eines von mehreren Geräten aufgeführt wird, bei denen es zu LENR kommt.

In einem im Jahr 2018 auf der [ICCF-21](#)^[14] vorgestellten Papier erklärten David und Giles, dass es viele wasserstoffreiche Materialien gibt, die auf ihre Aktivität in Bezug auf LENR getestet werden sollten. Dies gilt nach wie vor und bleibt ein vielversprechender Bereich für die künftige LENR-Forschung. Der Schwerpunkt des Beitrages von 2018 lag auf den Alternativen zur [Kalorimetrie](#) für die Feststellung des Vorliegens von LENR. Zu den diskutierten Ansätzen gehörten auch Fusionsdioden. Eine der Grafiken in der Präsentation zeigte Geräte mit [palladium](#)beschichtetem [Silizium](#) als [Kathoden](#), das Verfahren aus dem [Patent von David](#) von 1991. Andere Grafiken in der Präsentation zeigten zahlreiche Komponenten und Versionen der Fusionsdiode. Ein auf dieser Präsentation basierendes Arbeitspapier kam im Jahr 2020 zur Veröffentlichung.^[15]

Im Jahr 2021 präsentierte David zwei Vorträge mit dem Titel „Direct Conversion: Replications“ (Die direkte Umwandlung: [Replikationen](#)), einen davon als Poster auf der [ICCF-23](#) in China^[16] und den anderen auf dem 14th International Workshop on Anomalies in Hydrogen Loaded Metals in Italien.^[17] Das Poster zeigt einen Überblick über fünf Generationen der Fusionsdiode, von Mark I bis Mark V. Es beinhaltet Messungen der Leistung der Fusionsdiode Mark IV, die von Biberian durchgeführt wurden und in Abbildung 3 zu sehen sind.

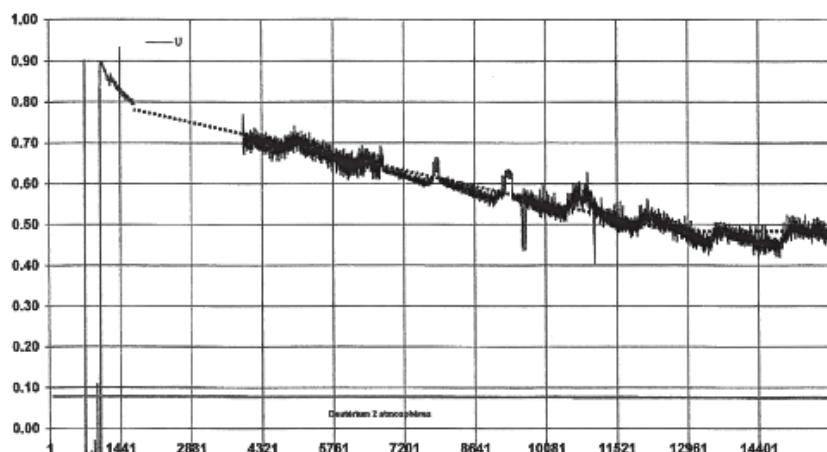


Abbildung 3. Spannung-Zeit-Verlauf einer Fusionsdiode Mark IV in einer Atmosphäre aus Deuterium, wie sie von David gebaut und von Biberian vermessen wurde. Die schrägen und die horizontalen gepunkteten Linien sind Hilfslinien zur Darstellung von Trends und stellen keine Anpassung an die Daten dar.

Die Diode befand sich in einem versiegelten Behälter, der mit [Deuteriumgas](#) gefüllt und mit einem [Druck](#) von 2 Atmosphären beaufschlagt war. Die vertikale Achse stellt die [Spannung](#) und die horizontale Achse die Zeit dar, wobei jede vertikale Linie einen Tag markiert. Man erkennt, dass die Spannung bei 0,9 V beginnt, etwa einen Tag lang rapide abfällt, dann über etwa acht Tage hinweg ziemlich gleichmäßig abnimmt und sich schließlich bei etwa 0,48 V zu stabilisieren scheint. Es könnte sich hierbei um Temperatureffekte handeln.

Die 2021 in Italien von David gehaltene Präsentation besteht aus 70 Grafiken, die seine Arbeit mit Giles wiedergeben, und geht auch auf die Arbeit anderer ein. Letztere werden weiter unten erwähnt. Diese Präsentation enthielt auch neue Informationen zur Fusionsdiode Mark VI. Sie besteht aus Schichten kreisförmiger Scheiben, die in einer Röhre gestapelt und zusammengepresst werden. David schrieb: „Es wird ein Aluminiumbehälter des gleichen Modells wie bei der Mark V verwendet, wobei die Pulver jedoch durch eine Abfolge von abwechselnd angeordneten mit einer organischen Halbleiterschicht überzogenen Palladiumfolien und Aluminiumfolien ersetzt werden.“ Die Daten zur neuen Ausführung wurden noch nicht vorgelegt.

Auf der [ICCF-24](#) wurde ein Artikel mit dem Titel „Solid-State Fusion Diodes: Preliminary Results“ (Festkörperfusionsdioden: Vorläufige Ergebnisse) von Brandenburg und David vorgestellt^[18]. Der Hauptautor ist leitender Wissenschaftler der Astronautischen Abteilung der [Kepler Aerospace](#) in

Texas^[19], einem Unternehmen, das sowohl an heißer als auch an Kalter Fusion für den Antrieb von Raumfahrzeugen arbeitet. Der ICCF-24-Artikel beinhaltet Informationen über ihre Beweggründe, einige ihrer theoretischen Überlegungen und einen Überblick über die Arbeit von David an den Fusionsdioden.

Die von David und Giles aufgeworfene Frage nach dem Ursprung der von ihnen gemessenen Spannung, ob diese nuklearer oder chemischer Natur ist, kann nun beantwortet werden. Sie schreiben, dass sie gerade Langzeitexperimente durchführen, bei denen die chemischen Quellen vollständig ausgeschöpft werden, um den nuklearen Ursprung zu belegen. Allerdings bestehe eine große Herausforderung darin, sicherzustellen, dass aus den Geräten kein Deuterium austritt. Es wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, Fusionsdiode in Glashüllen einzuschließen, um das Entweichen von Wasserstoff zu verhindern. Zitat David: „Um festzustellen, ob die spontane Polarisierung auf Kernreaktionen oder auf ein elektrochemisches Artefakt zurückzuführen ist, haben wir Glasröhren anfertigen lassen, um die Dioden Mark IV und Mark V unter einer Wasserstoffatmosphäre zu versiegeln. Auf diese Weise wird es möglich sein, den Druck des Deuteriums sowie die Spannung über mehrere Monate oder sogar Jahre hinweg aufrechtzuerhalten und eine chemische Reaktion auszuschließen.“ Möglich ist auch der Anschluss der Versuchsbehälter an Druckflaschen mit H₂ oder D₂.

Neben den Fragen nach dem Ursprung der gemessenen Spannungen in den Fusionsdioden, nach deren zeitlichen Schwankungen, ihrer Temperaturempfindlichkeit und der allgemeinen Dauerhaftigkeit der Ausgangsleistung bleiben noch weitere Fragen zu klären. Es scheint, dass noch niemand anders Fusionsdioden von ähnlicher Bauart wie jene von David und Giles gebaut hat. Dabei erscheint es durchaus sinnvoll, an die Arbeit von David und Giles anzuknüpfen und mit alternierenden Schichten von Palladium und Halbleitern zu arbeiten, um so eine besser kontrollierbare Geometrie zu erhalten. Brandenburg und David arbeiten daran, indem sie auf die eine Seite der Siliziumscheiben Palladium und auf die andere Seite Gold aufsprühen. Dünne Siliziumscheiben mit kleinem Durchmesser sind im Handel erhältlich.^[20] In einem verwandten, dennoch aber anderen Ansatz könnte auf solche Scheiben auf elektrochemischem Wege Palladium gemeinsam mit Deuterium aufgebracht werden. Die Beschichtung bestünde aus einer unregelmäßig dünnen Schicht feiner Palladiumpartikel. Das Zusammenpressen solcher beschichteter Scheiben würde Poren hinterlassen, durch die das Deuteriumgas in die Struktur eindringen kann. Möglicherweise erweisen sich solche Strukturen als stabil und somit über einen relativ langen Zeitraum als elektrisch aktiv. Möglich wäre auch, die Scheiben in den Stapeln durch Abstandshalter voneinander zu trennen. Auf diese Weise würde die Struktur der Fusionsdiode in etwa der Struktur des weiter unten noch zu besprechenden Gitterenergiekonverters entsprechen.

- *Moon's Konzept für eine nukleovoltaische Zelle.* Eine weitere Idee zur direkten Erzeugung von Elektronen mittels LENR, ebenfalls unter der Nutzung von Halbleitern, wurde bereits im Jahr 2004 von Moon auf der ICCF-11 präsentiert^[21] – er gab ihr den Namen Nukleovoltaikzelle. Wie es scheint, wurde das System nie gebaut und getestet. Wir möchten dennoch einen kurzen Überblick über das System und seinen möglichen Betrieb liefern. Abbildung 4 zeigt ein Diagramm mit den Komponenten des Systems.

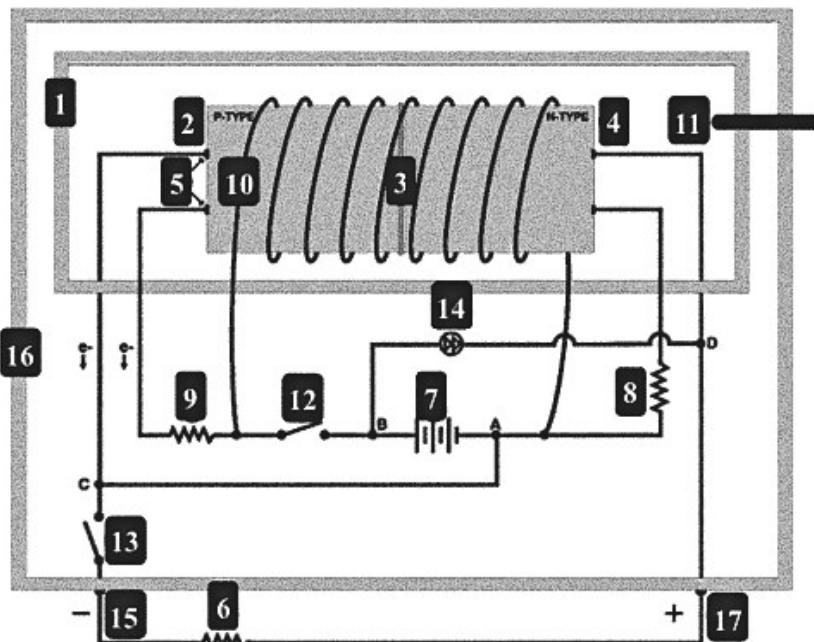


Abbildung 4. Schematische Darstellung eines von Moon konzipierten Systems zur Stromerzeugung mittels LENR.

Es besteht aus einem inneren Druckbehälter (1) mit einem Gaseinlass (11) und einem äußeren Gehäuse (16). Das zentrale Bauteil besteht aus zwei Halbleitern, einem vom p-Typ (2) und einem vom n-Typ (4), die über einen pn-Übergang miteinander verbunden sind, welcher mit (3) bezeichnet ist.

Es hat den Anschein, dass die Beschriftungen der beiden Seiten des Halbleiters in Moons Diagramm in Abbildung 4 entgegengesetzt zu dem stehen, was zu erwarten wäre. Moons Konzept lässt sich jedoch trotz dieses Problems mit der Beschriftung weiter untersuchen. In seinem Text heißt es: „Das Arbeitselement ist ein Halbleiter vom N-Typ, der mit einem dünnen Film (einige hundert Angström) aus wasserstoffaktivem Metall, z. B. Palladium, beschichtet ist.“ Der zentrale Punkt besteht darin, dass LENR aufgrund der Absorption von Deuteronen aus der Atmosphäre innerhalb der Druckkammer in der dünnen Palladiumschicht Elektronen über die Bandlücke anregt, ganz so wie in einer Solarzelle, was zu einer Ladungsträgerbewegung führt, also zu dem gewünschten elektrischen Strom. Dieser Strom kann dann extern einer Nutzung zugeführt werden, sofern der äußere Schalter (13) geschlossen ist, um über die Klemmen (15, 17) Strom an eine externe Last (6) zu liefern. Alternativ kann der Strom intern genutzt werden, um die Batterie (7) über die Punkte C und A, den Strombegrenzungswiderstand (9) und die Diode (14) aufzuladen.

Die Anwendung des Moon-Systems erfolgt in zwei Stufen, der Inbetriebnahme und dem Dauerbetrieb. Bei der Inbetriebnahme wird zunächst der interne Schalter (12) geschlossen, so dass der Strom von der Batterie durch die Spule (10) fließen kann, um die mit Palladium bedeckten Oberflächen der Halbleiter zu erhitzen. Dies führt mutmaßlich zu einer verstärkten Diffusion in das Palladium und damit zu LENR. Sobald LENR ausgelöst ist und die Elektronen in den Halbleitern angeregt werden, kann der Schalter (12) wieder geöffnet werden, um die Stromzufuhr zur Spule und deren Erwärmung zu unterbrechen. Die Elektronen fließen dann intern von den Klemmen (5) über die Punkte C und A, um entweder die Batterie aufzuladen oder um über den Strombegrenzungswiderstand (8) zum Halbleiter zurückzukehren.

In der Publikation von Moon findet sich in seinem Konzept keinerlei Hinweis auf die Größenordnung der Komponenten. Es ist durchaus möglich, dass das System mit Ausnahme von Batterie und Druckbehälter auf eine sehr kompakte Größe reduziert werden kann, möglicherweise sogar auf einen Chip. Selbst wenn das System von der Grundfläche her nicht unbedingt klein ausfallen sollte, könnte eine geringe Bauhöhe der beiden dotierten Halbleiter (und ihrer Verbindungsstellen) sicherstellen, dass die energetischen Teilchen aus der LENR-Quelle, also aus dem mit Deuterium geladenen Palladium, den gesamten Raum der Halbleiter erreichen könnten. Die Konstruktion und das Testen eines Systems beliebiger Größe auf der Basis dieses Konzeptes könnte sich als ein interessantes Forschungsprojekt für eine Doktorarbeit eignen. Die beiden wichtigsten Fragen sind: (a) könnte das Ganze überhaupt funktionieren, und (b) wie sähe die Ausgangskennlinie für die Spannung, die Stromstärke und die Leistung aus? Auch die Langlebigkeit derartiger Geräte dürfte von Interesse sein.

3. Andere Festkörpersysteme zur direkten Konvertierung

Was die Experimente mit Wasserstoffisotopen zur Erzeugung von elektrischer Spannung betrifft, so haben hier zwei sehr verschiedene und bedeutende Gruppen davon berichtet, dass diese wahrscheinlich auf LENR zurückzuführen sind. Swartz und seine Kollegen interessieren sich schon lange für die direkte Stromerzeugung. Vor kurzem haben sie eine neue Studie veröffentlicht, in der gezeigt wird, dass Ultraschall in der Lage ist, in mit trockenen Nanopartikeln beladenen Geräten elektrische Spannungen zu erzeugen. Die andere Informationsquelle ist ein Unternehmen in Florida, die Firma BioSearch, in der ein Forscherteam seit über einem Jahrzehnt an der direkten Stromerzeugung arbeitet. In den nachfolgenden Abschnitten soll über die Konzepte und die Ergebnisse berichtet werden, die aus beiden Quellen berichtet werden.

- *Die NANOR™-Experimente von Swartz.* Er hat über zahlreiche innovative Experimente berichtet^[22], sowohl mit flüssigkeitsbasierten elektrochemischen Systemen als auch mit Festkörpersystemen, die er als NANOR™ bezeichnet. Bei den letzteren handelt es sich um Geräte mit zwei Anschlägen, die den Fusionsdioden von David und Giles ähneln, aber wesentlich kleiner ausfallen als diese. Insbesondere sind diese nicht mit Halbleitermaterialien ausgestattet. Vielmehr handelt es sich um kleine Röhren, die mit nanoskaligen Metallpartikeln aus Pd, Ni und deren Legierungen gefüllt sind, die wiederum mit

isolierenden Schichten aus Zirkoniumoxid ummantelt sind. Abbildung 5 zeigt die Aufnahme^[23] zweier solcher Bauelemente, genauer gesagt die Abschnitte entlang der gestrichelten Linien zwischen den isolierten Leitungsdrähten.

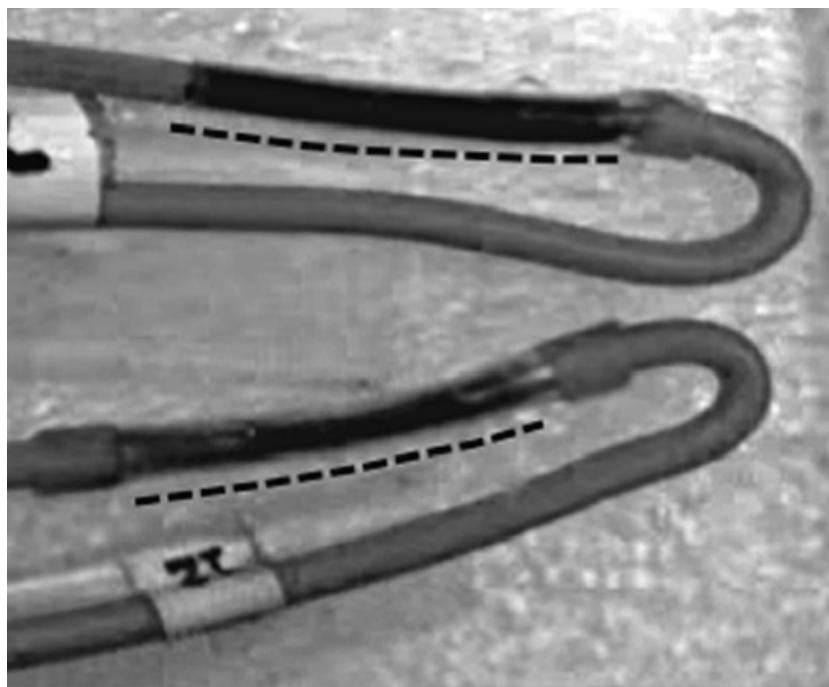


Abbildung 5. Zwei NANOR™-Bauteile.

Swartz und seine Kollegen arbeiten seit über einem Jahrzehnt an diesen NANORs™ und haben mittlerweile etwa ein Dutzend Artikel zu ihrer Arbeit mit diesen Bauteilen veröffentlicht. Die Herstellung, Zusammensetzung und Geometrie der NANORs wurde in einer der frühen Arbeiten von Swartz beschrieben.^[24] Der Herstellungsprozess umfasst das Schmelzen und das schnelle Abschrecken von Legierungen mit Pd, Ni und Zr. Um einmal aus dieser Arbeit zu zitieren:

Beim Erhitzen an der Luft oxidiert das Zirkoniummetall zur ZrO_2 -Matrix (Zirkoniumdioxid), welche die NiPd-Legierung umgibt, ummantelt und in 7 bis 10 nm große ferromagnetische, nanostrukturierte Inseln aufteilt, die sich im elektrisch isolierenden Zirkoniumdioxid-Dielektrikum befinden und in diesem verteilt sind ... Die LANR-Geräte vom Typ NANOR™ enthalten im Kern aktives nanostrukturiertes Material, nämlich $\text{ZrO}_2\text{-PdNiD}$, $\text{ZrO}_2\text{-Pd}$, $\text{ZrO}_2\text{-NiD}$, $\text{ZrO}_2\text{-NiH}$, $\text{ZrO}_2\text{-PdNiDAG}$ und $\text{ZrO}_2\text{-PdD}$, wobei die Atomverhältnisse in der Regel in einem Bereich von Zr (~60 - 70 %), Ni (0 - 30 %) und Pd (0 - 30 %) bezogen auf ihr Gewicht liegen, wobei sich die Gewichte auf die Zeit vor dem Oxidationsschritt sowie mehreren späteren zusätzlichen Herstellungsschritten beziehen. Das zusätzliche D_2 und H_2 ergibt Beladungen (im Verhältnis zum Pd) von bis zu mehr als 130 % D/Pd. Der Einfachheit halber werden alle diese im Kern befindlichen nanostrukturierten Materialien in ihrem Bereich der Deuterationen im Folgenden einfach als $\text{ZrO}_2\text{-PdD}$, $\text{ZrO}_2\text{-NiHD}$ und $\text{ZrO}_2\text{-PdNiD}$ bezeichnet.

Materialien, wie sie von Swartz in den NANOR™-Geräten verwendet werden, wurden bereits 2002 von der Gruppe um Arata entwickelt und beschrieben^[25] und kamen in Japan bei zahlreichen Heißgasexperimenten zum Einsatz. Interessanterweise durchdringen die von den Japanern und von Swartz verwendeten Wasserstoffisotope die ZrO_2 -Beschichtungen auf den Metallen und die Legierungen der Nanopartikel, was sowohl zu einer Wärmeerzeugung als auch zu einer Ladungstrennung geführt hat.

Die meisten der von Swartz berichteten Aktivitäten bezüglich der NANORs™ haben zu einer Wärmebildung geführt. Bei diesen Experimenten wurden große Leistungs- und Energiegewinne gemessen.^[26] Swartz hat sich erst vor Kurzem wieder der Messung der direkten Stromerzeugung durch seine NANORs™ zugewandt. So trägt sein Preprint aus dem Jahr 2022^[27] den Titel „Direct Electricity Production from NANOR®-type $\text{ZrO}_2\text{-PdNiD}$ Components Using Ultrasound“ (Die direkte Stromerzeugung aus $\text{ZrO}_2\text{-PdNiD}$ -Komponenten vom Typ NANOR® unter Einsatz von Ultraschall). In

der Vorabveröffentlichung zitiert er zwei Präsentationen aus den Jahren 2010 und 2011^[28] zur direkten, durch Ultraschall angeregten Stromerzeugung. Beide Arbeiten kamen in Zusammenarbeit mit Entenmann zustande.

In dem neuen Artikel präsentieren Swartz und Verner Daten zur relativen elektrischen (Spannungs-)Leistung, die erzielt wurde, als ein $\text{ZrO}_2\text{-PdNiD-NANOR}^{\text{TM}}$ -Gerät Ultraschall und Magnetfeldern ausgesetzt wurde, manchmal separat und manchmal zeitgleich. Abbildung 6 zeigt die Daten.

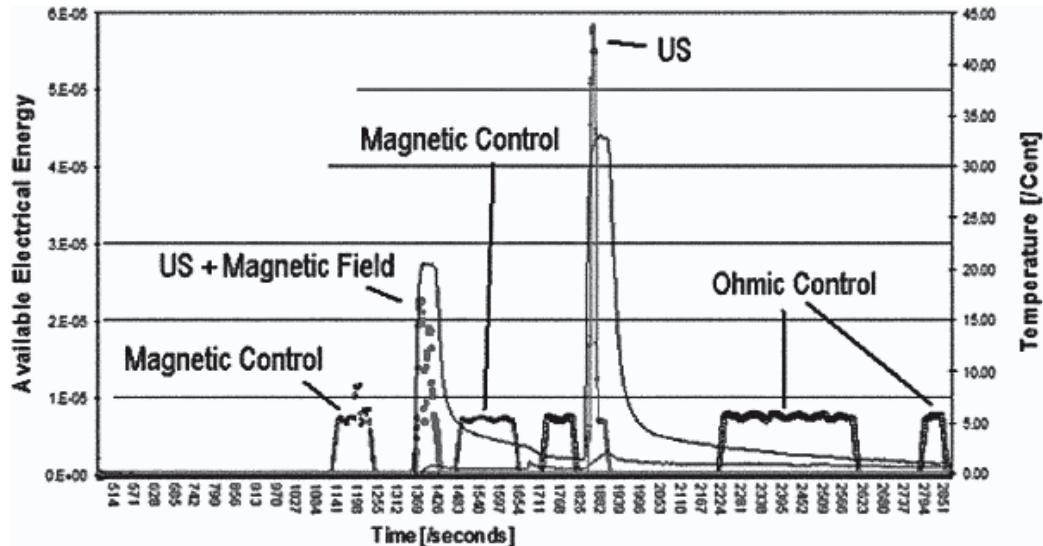


Abbildung 6. Relative elektrische Ausgangsspannung (linke Skala) zur Anregung eines NANOR™-Gerätes allein durch Magnetfelder (magnetische Steuerung), allein durch Ultraschall (US) oder durch beides (US + Magnetfeld), ergänzt um die Erwärmung mittels einer ohmschen Ansteuerung (ohmsche Steuerung). Die Daten für die Magnetfelder und für die ohmsche Steuerung geben die Untergrenze der Ausgangsspannung vor. Die Spannungen für die Ultraschallstimulation liegen deutlich über dieser Untergrenze. Bei den beiden kontinuierlichen Kurven handelt es sich um Temperaturmessungen (rechte Skala) mit zwei Sensoren von unterschiedlicher Empfindlichkeit. Die mit dem besseren Sensor gemessenen Temperaturen zeigen, dass Ultraschall, gleich ob zusammen mit einem Magnetfeld (US + Magnetfeld) oder allein (US), ebenfalls zu einem starken Temperaturanstieg führt.

Das Magnetfeld allein hat keinen Spannungsanstieg bewirkt, der Ultraschall hingegen war mit oder ohne Magnetfeld wirksam. Er erzeugte Spannungen, die ohne Anregung um mehr als das 50-Fache über dem Ausgangswert (Boden) lagen. Mit einem geeigneten Messgerät war die elektrische Leistung zwar messbar, aber gering. Im Vorabdruck heißt es: „Der Wirkungsgrad der Energieumwandlung liegt derzeit bei lediglich 10^{-13} bis 10^{-14} der übertragenen Ultraschallenergie.“ Werte für die Strom- und Leistungsabgabe unter verschiedenen Lasten und somit für den Gesamtwirkungsgrad waren in dem Vorabdruck nicht enthalten.

Die neue Studie von Swartz könnte, ebenso wie seine Vermessung von LENR mittels der Raman-Spektroskopie^[29], eine Möglichkeit bieten, solche Kernreaktionen auf einem Niveau nachzuweisen, das weit unter dem der besten Kalorimeter liegt. Es bleibt abzuwarten, ob sich dieses Verfahren auf ein praktisch brauchbares Niveau skalieren lässt oder nicht. Es stellt jedoch bereits jetzt eine interessante wissenschaftliche Herausforderung dar. Auf welche Weise vermag Ultraschall die Ladungstrennung und die Generierung elektrischer Spannung in den komplexen Nanomaterialien anzuregen, die zu einem großen Teil aus dem Isolator ZrO_2 bestehen? Die Wellenlänge von Ultraschall in Festkörpern beträgt etwa 1 mm. Dies erscheint zwar klein, stellt aber im Verhältnis zur Größe der Nanopartikel einen großen Wert dar.

- **Die BioSearch-Experimente.** Ein Unternehmen namens BioSearch in Florida, das von Entenmann finanziert wird, arbeitet ebenfalls seit etwa zehn Jahren an der direkten Erzeugung von Strom aus LENR. Im Gegensatz zu den Arbeiten von Swartz und seinen Kollegen wurden ihre Forschungsergebnisse jedoch noch nicht auf Konferenzen vorgestellt. Das Unternehmen erhielt im Jahr 2016 ein US-Patent. Dennoch

war die Arbeit von BioSearch bis vor kurzem kaum bekannt. Im Oktober 2021 veröffentlichte die Zeitschrift Infinite Energy einen 23-seitigen Bericht über die Aktivitäten und Ergebnisse von BioSearch. Der Titel des Berichtes ist in Abbildung 7 dargestellt.

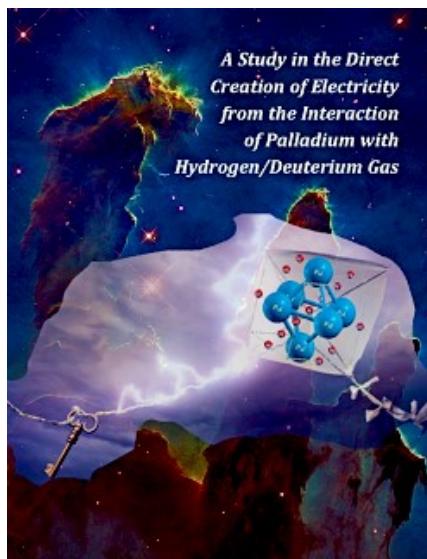


Abbildung 7. Das Titelbild des Berichtes von BioSearch, wie er von der New Energy Foundation im Jahr 2021 veröffentlicht wurde.

Seltsamerweise werden in dem Bericht keine Autoren genannt, sondern es wird „zahlreichen Wissenschaftlern gedankt, die BioSearch bei Experimenten beraten haben.“

In den folgenden Abschnitten werden eine Zusammenfassung des Patentes als auch des Berichtes gegeben. In beiden werden zahlreiche alternative Zellen beschrieben, die im Patent entworfen oder wie in dem Bericht beschrieben entworfen, gefertigt und getestet wurden – beide zur direkten Erzeugung von Strom aus verschiedenen Materialien in Wasserstoff- oder Deuteriumgasatmosphären.

Das Patent von BioSearch aus dem Jahr 2016 mit dem Titel *Electric Energy Cell* (US9472812B2) ist sowohl in wissenschaftlicher als auch in praktischer Hinsicht von Interesse. Es enthält Diagramme von einem Dutzend verschiedener Konfigurationen aus metallischen, isolierenden und halbleitenden Materialien. In allen diesen Konfigurationen besitzt das Anodenmaterial die Fähigkeit zur „Aufspaltung“ von H₂- oder D₂-Gas. Es werden sechs Kategorien von Anodenmaterialien aufgeführt, darunter Halogenidsalze, Legierungen, Oxide, Metallpulver, TDAS und Sonstige, zu denen Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung und Herstellungstechniken gehören. TDAS (Thermally Decomposable Anode Salts) steht für thermisch zersetzbare Anodensalze, deren Reaktionsprodukte die gewünschte Zersetzung der Wasserstoffisotopenmoleküle bewirken. Die Vielfalt der alternativen Ausführungsformen im BioSearch-Patent ist in Abbildung 8 (Abbildung 2C aus dem Patent) dargestellt, wobei es sich nicht um eine vollständige Auflistung der im Patent vorgestellten Alternativen handelt.

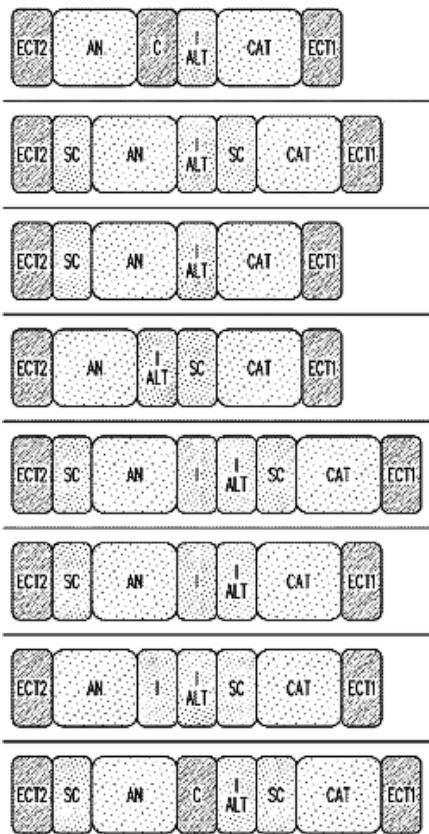


Abbildung 8. Verschiedene Ausführungsformen im BioSearch-Patent.

Die Symbole in Abbildung 8 stehen für Folgendes: EC = Elektrischer Leiter, AN = Anode, CAT = Kathode, SC = Halbleiter, I = Isolator und I ALT = Alternativer Isolator. Bemerkenswert hierbei ist die Präsenz von Isolatoren in oder in der Nähe der Zentren der in Abbildung 8 dargestellten alternativen Konstruktionsvarianten.

Teile des BioSearch-Patents lesen sich weitgehend wie ein Forschungsbericht. Es enthält die Beschreibung von zwei Stufen: „Stufe 1, welche auf ein LENR-fokussiertes Feld elektrischer Arbeit ausgerichtet ist; und Stufe 2, ein System, welches eher dem einer Brennstoffzelle gleichkommt.“ Weiter unten enthält das Patent dann eine sehr interessante Aussage: „Ursprünglich wurde davon ausgegangen, dass die Zellen, wie sie in dieser Offenlegung beschrieben werden, im Ergebnis einer LENR-Reaktion eine elektrische Spannung erzeugen würden. Diese Theorie wurde noch dadurch untermauert, dass die Zugabe der Komponenten Lithium und Bor zur Stabilisierung der Zelle beigetragen hat. Im weiteren Verlauf der Tests deuteten die Ergebnisse jedoch auf einen neuen Typ von Brennstoffzelle hin – eine Brennstoffzelle ohne konstante Brennstoffzufuhr und frei von einem bekannten Mechanismus für den Ionentransport.“ Dieses Dilemma, egal ob nuklear oder chemisch, herrscht derzeit beim Lattice Energy Converter, der weiter unten in Kapitel 4 dieses Artikels beschrieben wird.

Weiter heißt es in dem Patent: „In Phase 1 wurden über 1300 Zellen getestet. Die ersten Zellen wiesen völlig willkürliche Spannungsschwankungen und Polaritätsumkehrungen auf. Der Konfiguration wurden Halbleiter hinzugefügt, um zu versuchen, den Elektronenfluss in eine Richtung zu lenken und die Spannungsschwankungen zu stabilisieren. Durch die Halbleiter konnten jedoch weder die Spannungsschwankungen noch die Umpolungen behoben werden.“ Das Patent listet 25 „Beispiele“ für Bauelemente auf, die aus verschiedenen Materialien und unter Einsatz unterschiedlicher Techniken gefertigt wurden.

Die Angaben zur Leistung einiger der zahlreichen BioSearch-Zellen im Text und in den Abbildungen des Patentes sind beachtenswert. Insbesondere diese Aussage verdient Beachtung: „Diese Zellen haben eine Spannung von 500 mV - 1000 mV für mehr als 15 Monate aufrechterhalten. Nach 3,5 Monaten Laufzeit wurden die Zellen mit Deuteriumgas auf < 50 psig aufgefüllt. Über 12 Monate lang haben die Zellen über 500 mV erzeugt, aber nur einen sehr geringen Strom.“ Das Patent enthält 35 Abbildungen, von denen die letzten 15 zeitliche Verläufe der Ausgangsspannung oder des Stroms vieler Zellen über Zeiträume von

Stunden oder Tagen darstellen. Die Daten in den meisten Diagrammen verlaufen nicht konstant, und einige zeigen Unregelmäßigkeiten. Im Allgemeinen liegen die Spannungen deutlich unter 1 Volt und die Ströme in der Größenordnung von Mikro- oder Nanoampere. Für einige wenige Geräte wird der Widerstand angegeben, der sich ebenfalls unregelmäßig zeigt.

Es scheint, dass das BioSearch-Patent lehren könnte, welche Voraussetzungen an ein Patent geknüpft sind. Allerdings wäre es eine Herausforderung herauszufinden, was angesichts der zahlreichen im Patent beschriebenen Konfigurationen, Materialien und Verfahren im Einzelnen auszuführen ist. Vielleicht wird es eines Tages möglich sein, die vielen im Patent dokumentierten Ergebnisse zu verstehen. Doch das ist alles andere als sicher.

Wenn wir uns nun dem BioSearch-Bericht zuwenden, finden wir eine Situation vor, die der im Patent beschriebenen ähnelt. Der Bericht beschreibt den Aufbau verschiedener Arten von Versuchszellen und die Arten von Messungen, die mit anderen Techniken als den elektrischen Messungen durchgeführt wurden. Insbesondere kamen zwei Instrumente zur Messung von emittierter Strahlung zum Einsatz. Eines davon war ein Geigerzähler. In einem Experiment lagen die „Strahlungswerte leicht über den Werten der Umgebung“. Das andere Strahlungsmesssystem war eine Nebelkammer. In diese Kammer wurden Materialien eingebracht, die bei Experimenten mit Deuteriumgas verwendet worden waren. Der Bericht enthält die Aussage: „In der Nebelkammer wurden gelegentlich Partikel beobachtet, die aus der Oberfläche des Palladiums oder des Nickels austraten.“ Kurz gesagt, BioSearch hat mit ihren Versuchsgeräten oder anhand ihrer Materialien keine signifikante Strahlung messen können. Bei einigen Experimenten kamen sowohl Permanentmagnete als auch Laser zum Einsatz. Doch weder die Magnetfelder noch die elektromagnetischen Felder führten dazu, dass irgendwelche Effekte beobachtet werden konnten.

Bei den meisten der im Bericht beschriebenen BioSearch-Geräte befanden sich zwischen den Klemmen feste Materialien. Viele der Systeme bestanden aus Scheiben unterschiedlicher Materialien, welche mit verschiedenen Substanzen beschichtet waren und dann in einem Stapel zwischen den beiden Ausgangsklemmen angeordnet wurden. Der Durchmesser der Scheiben betrug in vielen der Experimente 2 Zoll. Die Stapel von Scheiben variierten im Allgemeinen zwischen fünf und zehn ein- oder mehrlagig ummantelten Zellen. Die meisten der Zellen in der BioSearch-Studie waren trocken. Es wurden jedoch auch einige Experimente durchgeführt, bei denen mit leichtem oder schwerem Wasser befeuchtete Tücher in die Stapel fester Scheiben eingefügt wurden. Es wurden auch Experimente durchgeführt, bei denen Solarzellen oder thermoelektrische Materialien mit Deuteriumgas beaufschlagt wurden. Die nassen Zellen und jene mit den Solarzellen oder thermoelektrischen Materialien ergaben keine signifikanten Ergebnisse.

Die Zeitverläufe der Spannung und die kumulativen Ladungen, welche als Funktion der Zeit für verschiedene Geräte produziert wurden, sind von BioSearch gemessen worden und werden in ihrem Bericht dargestellt. In dem Bericht sind insgesamt 28 Datenverläufe enthalten. Ein Experiment, das unter Druck mit D₂ beaufschlagt wurde, ergab eine anfängliche Ausgangsleistung von fast 4 V, die im Laufe von 15 Tagen unstetig auf etwa 2 V abfiel und sich fünf Tage lang bei 1,8 V stabilisierte. Dieser Zeitverlauf ist in Abbildung 9 dargestellt.

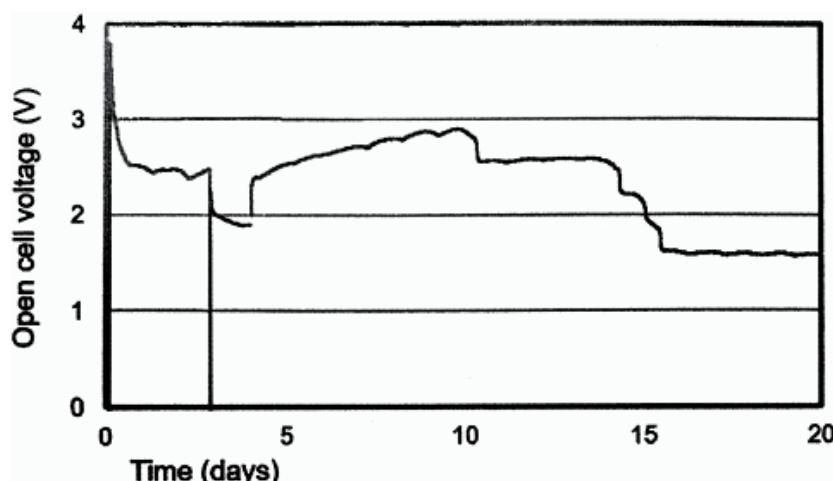


Abbildung 9. Schwankungen der Ausgangsspannung über einen Zeitraum von 20 Tagen bei einem der BioSearch-Experimente.

Für den Abbruch des Experimentes wurde kein Grund angegeben. Die Zelle, durch die die in Abbildung 9 gezeigten Spannungen erzeugt wurden, bestand in einem Stapel aus acht einzelnen Zellen, welche aus sechs Materialien aufgebaut waren: Kupferpulver, n-Typ-Wismuttellurid, LiFB, auf Magnetit gebranntes Palladiumnitrid, p-Typ-Wismuttellurid und wieder Kupferpulver. Die Gründe für die Wahl dieser Materialien, die in ein Glasrohr eingeschmolzen wurden, wurden nicht angegeben. Ebenso wenig wurden die Dicke, die Partikelgröße oder der Druck im Stapel benannt. Die Gründe für die Spannungsschwankungen sind offenbar unbekannt, was bei LENR-Experimenten häufig der Fall ist.

Einige der im BioSearch-Bericht angegebenen Spannungszeitreihen erstrecken sich über einige Wochen, die längste über fast 40 Tage. Am Ende des Berichtes beschreiben die Autoren Zellen, die Schichten aus Silberoxid und Palladium auf Kohlenstoff enthielten, welche durch Glaswolle voneinander getrennt waren. Sie befanden sich in Kunststoffröhren innerhalb von Glasröhren, die mit Wasserstoff unter Druck gesetzt wurden. Drei solcher Zellen wurden in Reihe geschaltet und erzeugten eine Leerlaufspannung von 3 V. Mit ihnen wurden dann 25 rote LEDs betrieben. In dem Bericht wird die fraktionierte Reduktion des AgO beschrieben, die bis zu 43 % betrug. Das deutet darauf hin, dass das System zumindest teilweise, vielleicht sogar vollständig, auf chemischem Wege gearbeitet hat.

Im LENR-Forum stellte David eine Erklärung über die Leistung eines der BioSearch-Experimente zur Verfügung^[30]: „Eine BioSearch-Zelle, die aus 10 Fusionsdioden in derselben Röhre besteht, hat im offenen Stromkreis eine Spannung von 10 Volt und einen Strom von 262 Mikrowatt bei 3,7 Volt geliefert.“ Er hat zweimal mit BioSearch zusammengearbeitet, um ihnen seine Fusionsdiode-Technologie zu übertragen.

Am Ende des Berichtes listeten die Autoren in einem kurzen Abschnitt unter der Überschrift „Nächste Schritte“ mehrere mögliche Aktivitäten auf. Bei den meisten der vorgeschlagenen Experimente handelte es sich um parametrische Variationen, wie z. B. die Veränderung des Gasdrucks und die Verwendung anderer Anodenmaterialien. Auch ohne diese Aufzählung lädt der BioSearch-Bericht offensichtlich zu weiteren Experimenten ein, um die Ergebnisse zu replizieren und sowohl die Langlebigkeit der Ergebnisse als auch ihre Skalierbarkeit auf nützliche Werte zu demonstrieren. Angesichts der Art der BioSearch-Experimente mit Palladium- und Wasserstoffisotopen besteht die Möglichkeit, dass die beobachteten Effekte auf LENR zurückzuführen sind. Es sind jedoch weitere Messungen erforderlich, um die Ergebnisse von BioSearch auf andere LENR-Experimente mit elektrochemischer, Heißgas- und Plasmabelastung zu übertragen. Möglicherweise werden die BioSearch-Ergebnisse zum Verständnis der LENR-Mechanismen beitragen. Weniger wahrscheinlich ist, dass sie zu langlebigen LENR-Generatoren führen werden, die eine ausreichend hohe Ausgangsleistung, eine angemessene Lebensdauer und die erforderliche Steuerbarkeit aufweisen, um auf breiter Front nützlich zu sein.

4. Systeme zur direkten Energieumwandlung mittels Spalten und Gasen

Die energetische Strahlung aus LENR interagiert in den oben beschriebenen Geräten sowohl mit den Halbleitern als auch mit anderen Materialien. Die Vorteile dieser Wechselwirkungen liegen in der Ladungstrennung und in der Erzeugung von elektrischer Spannung. Das Problem bei diesen Wechselwirkungen besteht jedoch darin, dass sie bei den Halbleitern und möglicherweise auch bei anderen für den Betrieb der Geräte wichtigen Materialien zu Strahlungsschäden führen können. Aus diesen sowie weiteren Gründen besteht ein Interesse an LENR-Geräten, bei denen eine direkte Energieumwandlung erfolgt und die keine Materialien verwenden, die durch Strahlung beschädigt werden könnten. Derartige Geräte könnten über gasgefüllte Spalten von unterschiedlichem Druck zwischen ihren Ausgangselektroden verfügen. In den folgenden Abschnitten werden Berichte über solche Geräte besprochen. Dazu gehören Beiträge von Gordon und Whitehouse über den Lattice Energy Converter (LEC), Berichte mehrerer Wissenschaftler über den Nachbau des LEC, Diskussionen über die Funktionsweise des LEC und mögliche künftige Experimente mit dem LEC sowie ähnlichen Geräten. Im anschließenden Beitrag wird ein Vortrag von Egely über eine ganz andere Art von elektrischem Leistungsverstärker mit intermittierenden Plasmen im Spalt zwischen den Elektroden vorgestellt.

- *LEC-Vorrichtungen von Gordon und Whitehouse.* Diese beiden Wissenschaftler haben ein Experiment entwickelt und durchgeführt, das den elektrochemischen LENR-Experimenten ähnelt, bei dem zwischen den Elektroden jedoch ein gasförmiges Medium anstelle eines normalen flüssigen Elektrolyten zum Einsatz kam. Abbildung 10 zeigt eine schematische Darstellung ihres Versuchsaufbaus, wie sie ihn auf zwei Tagungen vorgestellt und in ihrem ersten Aufsatz veröffentlicht haben^[31].

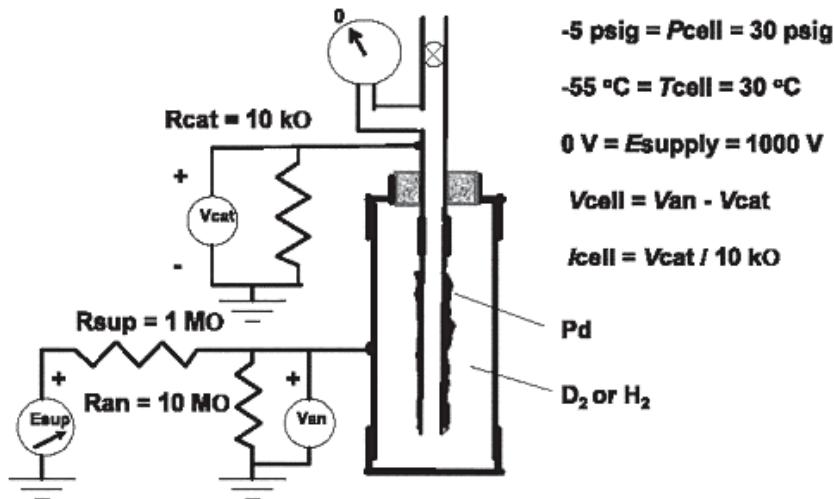


Abbildung 10. Schematische Darstellung der von Gordon und Whitehouse bei einem Versuch zur Hochtemperatur-Gaselektrolyse verwendeten Anordnung.

In ihrer Beschreibung des Experimentes berichten die Autoren: „In Experimenten, mit denen wir herausfinden wollten, ob $6 \mu\text{Ci}$ aus Am-241 ausreichen, um ein Gas zu ionisieren, mit dem Wasserstoff in ein Pd-Gitter geladen werden kann, und es dort mittels Fugazität zu halten, haben wir festgestellt, dass die Fähigkeit zur Stromleitung in der Zelle um mehrere Größenordnungen über dem lag, was von Am-241 zu erwarten gewesen wäre. Wurde die Pd-H-Elektrode entfernt und nur die Quellen mit den $6 \mu\text{Ci}$ Am-241 belassen, konnte keine Stromleitung beobachtet werden – das heißt, sie lag unterhalb der Empfindlichkeit unserer Instrumente. Als das Am-241 entfernt wurde, leitete die Zelle nur noch mit dem Pd-H.“ Sie schlossen daraus, dass das Gas durch die Pd-H-Schicht auf der inneren Elektrode ionisiert wurde.

Auf der Grundlage ihrer Entdeckung haben Gordon und Whitehouse eine zylindrische Vorrichtung mit direkter elektrischer Ausgangsleistung entwickelt, der sie den Namen LEC gaben, was für Lattice Energy Converter (Gitterenergiekonverter) steht.^[32] Sie besteht aus einer inneren Arbeitselektrode (Working Electrode – WE), die über eine galvanische Abscheidung in Lösungen aus leichtem oder schwerem Wasser mit verschiedenen Metallen wie Palladium oder Eisen beschichtet wurde. Die koaxiale äußere Gegenelektrode (Counter Electrode – CE) besteht aus verschiedenen Metallen. Beide Elektroden sind voneinander isoliert und mit Hilfe von Abstandshaltern koaxial angeordnet. Abbildung 11 zeigt einen schematischen Querschnitt eines LEC, bei dem sich zwischen den Elektroden Wasserstoff befindet.^[33]

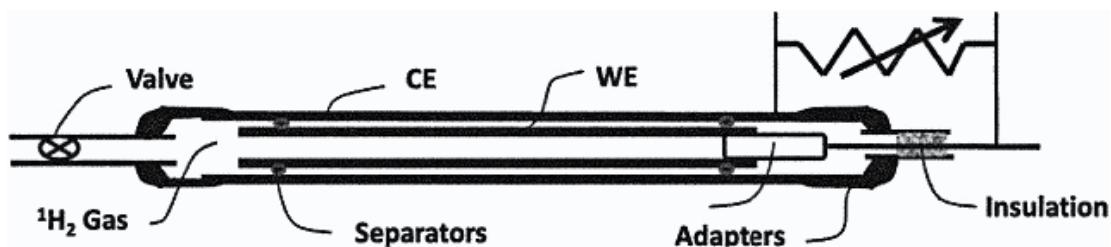


Abbildung 11. Schematische Darstellung eines zylindrischen Gitterenergiekonverters (Lattice Energy Converter - LEC). Die Ausgangsspannung wird über den variablen Widerstand gemessen.

Interessanterweise erzeugen die LECs die Spannung zwischen den beiden Elektroden unter Verwendung einer Vielzahl von Gasen, darunter auch Luft.

Interessant ist die Variation der Ausgangsspannung und des Ausgangstroms von LEC-Geräten über den Lastwiderstand. Eine elektrische Stromquelle wird normalerweise über die Messung der Leerlaufspannung und des Kurzschlussstromes beschrieben. Im Falle des LEC wird die über eine Lastimpedanz von $10 \text{ M}\Omega$ gemessene Spannung als „Leerlaufspannung“ zugrunde gelegt. Beim Kurzschlussstrom handelt es sich um jenen Strom, wie er sich nach dem ohmschen Gesetz ergibt, wenn die durch einen Lastwiderstand von niedrigerem Wert erzeugte Spannung der Empfindlichkeit des Messgerätes entspricht. Die durch LEC-Geräte erzeugte Spannung nimmt bei niedrigen Widerständen

mit deren Größe zu und geht bei hohen Widerständen in eine annähernd konstante Größe über. Abbildung 12 zeigt den Strom und die Leistung, welche von Gordon und Whitehouse für ein LEC-Gerät als Funktion des Lastwiderstandes berechnet und gemessen wurden.

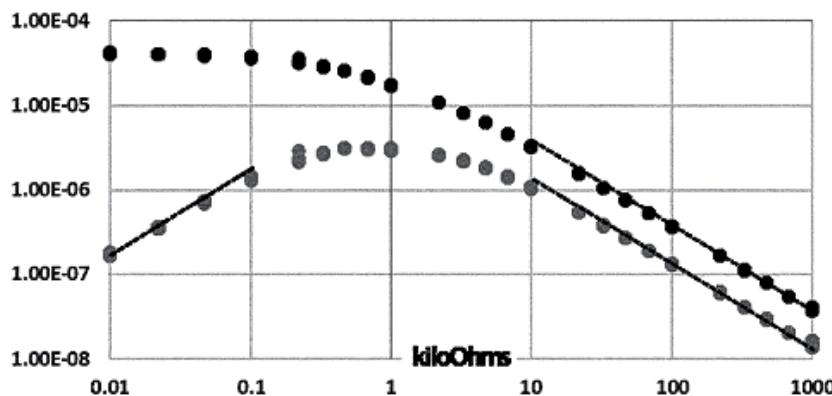


Abbildung 12. Schwankungen des Ausgangsstroms eines LEC-Gerätes (obere Daten) und der damit verbundenen elektrischen Leistung (untere Daten) in Abhängigkeit vom Lastwiderstand. Die Vorrichtung wurde von Gordon und Whitehouse gefertigt und gemessen. Die gepunktete Linie auf der linken Seite zeigt, dass die Leistung bei niedrigen Lastwerten linear mit dem Lastwiderstand zunimmt. Die gestrichelten Linien auf der rechten Seite zeigen, dass der Strom und die Leistung bei hohen Lastwerten umgekehrt proportional zum Lastwiderstand abnehmen.

Man erkennt, dass der Strom I bei niedrigen Widerstandswerten in etwa konstant bleibt und die Leistung P linear mit dem Widerstand R zunimmt, da $P = I^2R$ beträgt. Bei hohen Widerstandswerten nimmt der Strom bei nahezu konstanter Spannung V jedoch linear mit dem Kehrwert des Widerstandes $P = V^2/R$ ab. Diese gemessenen Schwankungen stellen die Erklärungen für das grundlegende Verhalten von LEC-Geräten in Frage. Insbesondere stellt sich die Frage, weshalb der Strom bei niedrigen Lastwiderständen konstant ist und weshalb die Spannung bei hohen Lastwerten nahezu konstant ist. Gordon und Whitehouse sind in ihren beiden JCMNS-Veröffentlichungen auf diese Fragen eingegangen.^{[31][34]} In ihrer ersten Veröffentlichung bestand ihre Vermutung noch darin, dass das konstante Verhalten des Stroms bei niedrigen Widerstandswerten auf die Diffusion von Ionen im Gas zurückzuführen ist, wie sie von Darrow bereits im Jahr 1932 vorhergesagt worden war.^[35]

Die Zusammenfassung der ersten veröffentlichten Arbeit von Gordon und Whitehouse, die sich mit der Abscheidung von Palladium befasste, besagt unter anderem:

Zahlreiche Implementierungen eines Gitterenergiekonverters (Lattice Energy Converter – LEC) konnten den Nachweis erbringen, dass er in der Lage ist, die Erzeugung von Spannung und Strom über längere Zeiträume eigenständig zu initiieren und aufrechtzuerhalten. Ein LEC wandelt die interne Energie, welche im Metallgitter einiger Materialien wie beispielsweise Palladium oder von im Metallgitter eingeschlossenen Gasen wie Wasserstoff oder Deuterium vorhanden ist, in ionisierende Strahlung und elektrische Energie um. Zu den Experimenten gehören Tests, bei denen die Strom-Spannungs-Kennlinie (I-V) der LEC gemessen wurde, wenn eine externe Spannung/ein externer Strom angelegt wurde, sowie andere I-V-Tests, bei denen die spontane LEC-Spannung als Funktion von Temperatur und Widerstand gemessen wurde. Dabei hat sich gezeigt, dass die Spannung und die Stromstärke der LEC mit steigender Temperatur zunehmen.

In der zweiten Publikation der genannten Autoren finden sich weitere Informationen zu Experimenten mit LEC-Geräten^[34], die sich insbesondere mit der Ablagerung von Eisen auf der Arbeitselektrode befassen. Hier ein Teil der Zusammenfassung:

Über replizierte experimentelle Ergebnisse und Analysen für einen LEC, bei dem eine ko-abgeschiedene Palladium-Wasserstoff-Arbeitselektrode spontane und anhaltende elektrische Energie erzeugt, welche auf ionisierende Strahlung zurückzuführen ist, wurde bereits berichtet. In diesem Artikel wird nun über

die Verwendung einer Arbeitselektrode aus ko-abgeschiedenem Eisenwasserstoff aus einer wässrigen Lösung von FeCl_2 berichtet, die ähnliche Fähigkeiten zur Erzeugung von spontaner und anhaltender elektrischer Energie sowie von ionisierender Strahlung gezeigt hat.

Die zweite Veröffentlichung enthält zusätzliche Informationen, die über eine Präsentation auf einer Konferenz hinausgehen, welche auf YouTube abrufbar ist.^[33] In ihrer Präsentation auf der ICCF-24 befassten sich Gordon und Whitehouse mit möglichen Verfahren zur Erhöhung der Ausgangsleistung von LEC-Geräten.^[36] Ein Teil der Kurzdarstellung bietet eine hilfreiche Zusammenfassung der Veröffentlichung:

Während die Fähigkeit zur eigenständigen Initiierung und Aufrechterhaltung der Erzeugung einer Spannung und eines Stroms über eine Last eine bedeutende Innovation darstellt, muss die Leistung jedoch noch um 6 Größenordnungen gesteigert werden, nur um ein paar Watt zu erhalten, und um 9 Größenordnungen zur Erzeugung von ein paar Kilowatt. Zur Erhöhung der Ausgangsleistung des LEC sind fünf Schwerpunktbereiche festgelegt worden:

1. Verbesserte Metallurgie zur Erhöhung der Produktion ionisierender Strahlung;
2. Erhöhte Gasdichte (Initialdruck) zur Erhöhung der Gasionisation;
3. Verbesserte Konfiguration der LEC-Zellen zur Erhöhung der Effizienz der Ionengewinnung;
4. Erhöhte Temperaturen zur Steigerung der Leistungsabgabe;
5. Vergrößerung der Elektrodenoberfläche.

Zu jedem Schwerpunktbereich sind zusätzliche Experimente und Analysen erforderlich:

1. Identifizierung von Quelle und Art der Strahlung, welche von der Arbeitselektrode ausgeht;
2. Identifizierung der Rolle, welche die Gegenelektrode im Rahmen der Gasionisierung spielen kann;
3. Identifizierung jener Gase und Gemische, mit denen die Ionenproduktion optimiert werden kann;
4. Analyse der Gas-Ionen-Physik innerhalb der Zelle.

In diesem Artikel wird jeder Schwerpunktbereich untersucht und es werden mögliche Maßnahmen zur Steigerung der LEC-Leistung aufgezeigt.

Eines der wichtigsten Merkmale des Betriebs von LEC-Geräten besteht in ihrer Leistung. Abgesehen von ihrer Temperaturempfindlichkeit, auf die weiter unten noch eingegangen wird, kann die Ausgangsleistung von LEC-Geräten in unberechenbarer Weise schwanken. Das ist für LENR-Experimente natürlich nichts Ungewöhnliches, stellt aber nach wie vor eine der größten Herausforderungen bei der Herstellung praktikabler LENR-Generatoren auf der Basis von LEC-Bauelementen oder anderer Systeme dar. Abbildung 13 zeigt den zeitlichen Verlauf der Leistung zweier LECs, die von Gordon und Whitehouse hergestellt und vermessen wurden.

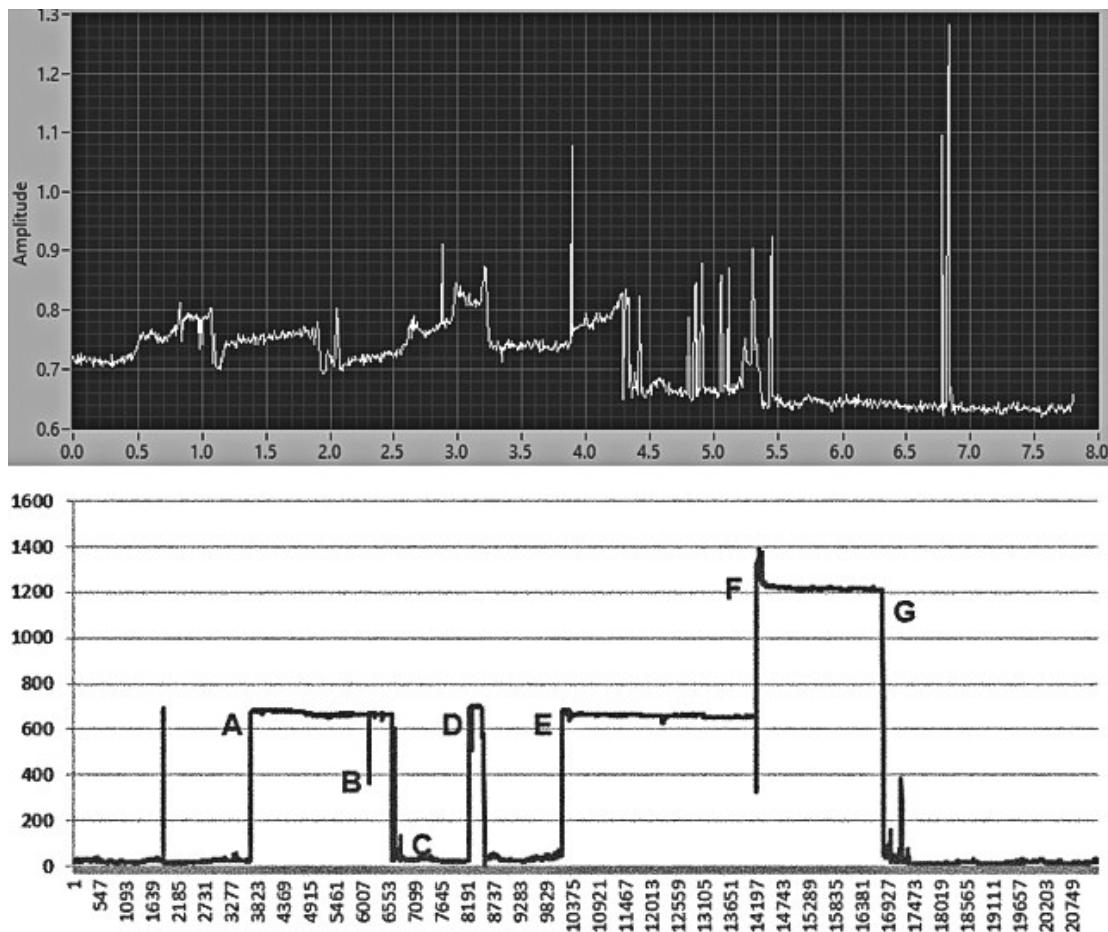


Abbildung 13. Oben: Zeitlicher Verlauf der Leistung eines LEC über einen Zeitraum von 8 Sekunden. Unten: Schwankung der Ausgangsleistung eines LECs in mA über einen Zeitraum von 14,5 Tagen. Die Buchstaben stehen für bestimmte Dateien, die jeweils eine Dauer von etwa 61 Sekunden haben. Zu den Details siehe den Text.

Der Datensatz im oberen Teil der Abbildung umfasst Daten, die mit einer Rate von 512 Abtastungen pro Sekunde erfasst wurden. Die vertikale Achse spiegelt die Ausgangsspannung des LEC über einen Zeitraum von annähernd 8 Sekunden wider. Ein Blick auf die Originaldaten macht deutlich, dass die Ausgangsspannung des LEC bereits innerhalb einer Zeitspanne von weniger als 2 ms schwanken kann.^[37] Und selbst innerhalb dieser rasanten Schwankungen variiert die Ausgangsspannung noch und ist zudem verrauscht.

Durch Anlegen eines externen elektrischen Feldes von ausreichender Stärke zwischen den Elektroden ist es möglich, die Anzahl der pro Sekunde erzeugten Ionen abzuschätzen, bevor es zu einer Rekombination kommt. Die Daten im unteren Teil von Abbildung 13 zeigen, dass der Stromfluss durch einen LEC relativ konstant ist, da der maximale Strom durch einen Strombegrenzungswiderstand limitiert wurde. Dieser Widerstand wurde aus Sicherheitsgründen eingebaut, weil die Spannung auf 1000 V erhöht werden konnte: „In den Zeiträumen A, D und E hat die Zelle den maximal zugelassenen Strom geführt, wie er durch den Strombegrenzungswiderstand von $1 \text{ M}\Omega$ möglich ist. Bei F wurde der Strombegrenzungswiderstand dahingehend verändert, dass der doppelte Strom fließen konnte. Bei G wurde der Strombegrenzungswiderstand nochmals verändert, um mehr Strom fließen zu lassen, woraufhin der Strom für einige Millisekunden anstieg und dann wieder abfiel. Am Punkt B erfolgte ein Test mit einer variablen Spannung.“ Die Bedeutung dieser Daten liegt darin, dass die Anzahl der erzeugten Ionen größer ist als ein Strom von 1,2 mA, wie ihn der Strombegrenzungswiderstand zulassen würde. Die Herausforderung bei der Verbesserung der LEC-Konstruktion besteht also darin, die Ionen einzufangen, bevor sie rekombinieren.“

Aus der Arbeit von Gordon und Whitehouse geht hervor, dass die Beschichtungen aus abgeschiedenen Materialien auf den Arbeitselektroden weder in ihrer Struktur noch in ihrem Verhalten einheitlich sind. So haben sie einen LEC mit einer segmentierten Gegenelektrode gefertigt, bei der die Spannungen an den beiden Abschnitten unterschiedlich ausfielen^[38], was gezeigt hat, dass die beiden Abschnitte der Arbeitselektrode nicht gleich effektiv waren.

Zusätzlich zu den vorliegenden Veröffentlichungen, Präsentationen und Videos über LEC-Geräte gibt es zahlreiche E-Mails und andere Diskussionsbeiträge darüber, auf welche Weise die LEC-Geräte funktionieren. Es liegen unveröffentlichte Berichte darüber vor, dass sich die Polarität der Ausgangsspannungen während des LEC-Betriebs umkehrt. Derartige Umkehrungen stellen eine klare Herausforderung für das Verständnis der grundlegenden Mechanismen dar, die bei der Erzeugung von LEC-Spannungen zum Tragen kommen.

Sowohl die beiden Veröffentlichungen von Gordon und Whitehouse im [JCMNS](#) als auch einige ihrer Vorträge enthalten ausführliche Erörterungen zur Dynamik der Ionisierung der Gase im Raum zwischen den Elektroden. Was aber zu der notwendigen Ladungstrennung führt, um die gemessenen Spannungen zu erzeugen, ist bislang noch nicht verstanden. Auch in dieser Frage bleibt der Zusammenhang zwischen den Mechanismen und den Eigenschaften von LEC-Vorrichtungen und früheren LENR-Berichten noch zu klären. Kurz gesagt, es muss gezeigt werden, dass es sich bei einem LEC nicht um eine Form von chemischer Batterie handelt, und außerdem muss ermittelt werden, welche Rolle die Kernreaktionen für das Funktionieren des LEC spielen. Weiter unten in diesem Artikel finden sich weitere Informationen zu der Frage, warum und auf welche Weise LEC-Geräte funktionieren. Zunächst betrachten wir jedoch die zahlreichen Berichte über Nachbauten von LEC-Geräten und über das Verhalten von LEC-Geräten in anderen Forschungseinrichtungen.

- *LEC-Replikationen.* Die Entwicklung des LEC führte angesichts seiner relativen Einfachheit und Leistungsfähigkeit zu sofortigem und breitem Interesse. In einigen frühen Experimenten war es gelungen, vergleichbare Geräte zu bauen und ähnliche Ergebnisse zu erzielen. Drei dieser [Replikationen](#) erfolgten im Jahr 2021 in Europa, eine in China und eine weitere in den Vereinigten Staaten.

Die von Gordon und Whitehouse gefertigten und vermessenen LEC-Vorrichtungen und die zahlreichen [Replikationen](#) haben sich von ihren Komponenten und ihrer Geometrie her stark unterschieden. Abbildung 14 zeigt Bilder der Vorrichtungen von Gordon und Whitehouse^[39], Biberian^[40], DiStefano^[41], Zhang^[42] und Erickson^[43] (letztere mit einem Seitenfenster zur Strahlungsmessung).



Abbildung 14. Bilder von LEC-Vorrichtungen von Gordon und Whitehouse (USA), Biberian (Frankreich), DiStefano (Italien), Zhang (China) und Erickson (USA) – von oben nach unten.

Kürzlich wurde von Gordon und Whitehouse ein LEC mit zwei Enden beschrieben (in Abbildung 13 nicht dargestellt).^[38] Äußerlich ähneln sie den verschiedenen Generationen von Fusionsdioden von David und Giles, wie sie in Abbildung 2 dargestellt sind. Das Innere der LECs (mit Gas gefüllte Zwischenräume)

unterscheidet sich jedoch stark von dem der Fusionsdioden (die mit Festkörpern gefüllt sind).

Biberian aus Frankreich hatte erstmals im Jahr 2021 auf einer Konferenz in Italien über seine Arbeit mit LEC-Vorrichtungen berichtet.^[44] Er und Ginestet präsentierten auf der ICCF-24 die Ergebnisse zahlreicher Experimente mit LECs, welche sie im Jahr 2022 gebaut hatten.^[45] Ihre erste Vorrichtung ist in Abbildung 14 dargestellt. Sie maßen die Spannung (bis zu 330 mV) und die Leistung (bis zu 16 nW) in Abhängigkeit vom Lastwiderstand. Dann bauten sie ein LEC mit einer viel größeren Fläche und maßen bis zu 740 mV und 4,5 µW. Messungen mit unterschiedlichen Temperaturen zeigten, dass die Leistung oberhalb von 60 °C schnell abnahm und sich oberhalb von 70 °C das Vorzeichen umkehrte. Eine andere LEC-Konstruktion, die mit Luft betrieben wurde, erzeugte Spannungen von bis zu 540 mV. Beide Größen, die Spannung und die Leistung, zeigten bei einer Last von 1 kΩ im Zeitverlauf starke Unregelmäßigkeiten. Messungen der Temperaturschwankungen bei einer Last von 10 MΩ ergaben unterhalb von 110 °C ein Arrhenius-Verhalten und eine Aktivierungsenergie von 0,23 eV. Die Präsentation schloss mit den folgenden Aussagen: „Die Experimente sind reproduzierbar; kein Effekt infolge eines fixen oder variablen Magnetfeldes von 0,5 Tesla bei bis zu 6 Hz; und eine Steigerung der Ausgangsleistung um mehr als 3 Größenordnungen infolge einer Vergrößerung der Elektrodenoberfläche.“

DiStefano aus Italien präsentierte auf der ICCF-24 im Jahr 2022 einen Überblick über seine Forschungen zu LEC-Geräten^[46] und äußerte sich besorgt über fremdartige und geringfügige Effekte. Er nannte drei Gründe für gründliche Kontrolltests: (a) offensichtliche Ähnlichkeit mit konventionellen Technologien, insbesondere das Vorhandensein von bimetallischen Komponenten und Temperaturgradienten, (b) mögliche elektrochemische Effekte und nicht offenkundige Wechselwirkungen und Reaktionen in der Gasphase und (c) Messprobleme einschließlich schwacher Signale, instrumenteller Effekte und Interferenzen.

DiStefano hat Versuche mit LEC-Geräten ohne eine Beschichtung der Arbeitselektrode durchgeführt. Er berichtete, dass die Messempfindlichkeit etwa 1 µV und weniger als 1 nA beträgt – Werte, die weit unter denen vergleichbarer LEC-Geräte liegen. Für die Hauptversuche wurde die Arbeitselektrode über einen Zeitraum von 8 Stunden mittels elektrochemischer Abscheidung von Eisen in einem Leichtwasserelektrolyten aktiviert. Mit Gegenelektroden aus Messing und Kupfer ergaben sich Spannungen von -307 und -234 mV sowie Ströme von -2,4 und -0,69 µA. Seltsamerweise lieferte eine Gegenelektrode aus Aluminium Werte mit entgegengesetzter Polarität, nämlich 223 mV und 1,5 µA. Spontanspannungen wurden bei Lasten von 1 bis 10 kΩ gemessen und erreichten bei den höchsten Lasten -300 mV. Die Ströme wurden bei angelegten Spannungen von -10 bis +10 V gemessen. Der LEC lud einen 100 µF-Kondensator mit einer Zeitkonstante von 15 s und mit einem Innenwiderstand von 150 kΩ auf 300 mV auf. Mit einer Alpha-Sonde wurde die Strahlung der Arbeitselektrode erfasst. Es wurden nur Werte in Höhe der Hintergrundstrahlung gemessen. DiStefano merkte an, dass „der Prozess der Ko-Abscheidung notwendig ist. Wenn eine Arbeitselektrode aus Fe (oder Fe-beschichtet) elektrolytisch mit Wasserstoff beladen wird, resultiert daraus kein aktives Verhalten.“ Er gab die folgenden (leicht bearbeiteten) abschließenden Erklärungen ab:

- Das Verhalten der LEC lässt sich nicht durch konventionelle Effekte erklären.
- Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit sind sehr hoch.
- Elektrische Messungen deuten darauf hin, dass im Inneren der Vorrichtungen eine Gasionisierung stattfindet.
- Die zur Ionisierung der Gase erforderliche Energie beträgt > 10-20 eV (somit nicht chemisch).
- Bedingt durch die Ionisierung stellt die Spannungsproduktion einen Effekt zweiter Ordnung dar.
- Die Charakterisierung sollte eher über den Strom als über die Spannung erfolgen.
- Das Wesen der ionisierenden Strahlung muss noch eingehender untersucht werden.
- Die Leistungsabgabe entspricht der einer handelsüblichen Betavoltaik-Batterie.
- Es bestehen vielfältige Möglichkeiten zur Steigerung der Energie- bzw. Leistungsabgabe.

Auf dem 14. internationalen Workshop über Anomalien in wasserstoffbeladenen Metallen, welcher 2021 in Italien stattfand, präsentierten Smith und Lilley aus Großbritannien einen Überblick zu den Arbeiten an LEC-Geräten sowie die Ergebnisse ihrer ersten Experimente.^[47] Sie besprachen einige der von Gordon und Whitehouse veröffentlichten Untersuchungen und deren Ergebnisse sowie die Ergebnisse der frühen Replikationen von Biberian und DiStefano. In ihren eigenen Experimenten verwendeten sie Messingplatten mit einer Fläche von 125 cm². Die Platten wurden über einen Zeitraum von 7 Tagen durch Elektrolyse mit Eisen beschichtet. Die Autoren werden dazu wie folgt zitiert: „Als Nächstes wurden die WE- und die CE-Platten in Luft, nicht in Wasserstoff, übereinander gestapelt, wobei die stark beschichtete Seite der WE-Platte der CE-Platte zugewandt war und 0,9 mm dicke Objektträger als Abstandshalter zum Einsatz kamen. Dies lieferte einen Spitzenwert von 350 mV, der im Laufe der nächsten Stunde auf 250 mV abfiel. Nach einem Kurzschluss betrug die Erholungszeit nicht mehr als 5 Sekunden.“ Weiter schrieben die Autoren: „Wenn eine WE und eine CE für eine gewisse Zeit (sagen wir 30 Minuten) getrennt werden, kehrt die Ausgangsleistung nur langsam zurück und benötigt 20 bis 30 Minuten, um auf das Niveau von vor der Trennung zurückzugelangen. Ferner wurde festgestellt, dass die Leistung umso höher ausfällt, je näher WE und CE beieinander liegen, dass aber schon eine sehr dünne Polyethylenfolie zwischen ihnen ausreicht, um die Leistung umgehend auf null zu reduzieren. Die besten Abstandshalter hinsichtlich der Leistung sind zum einen sehr dünn und zum anderen sehr porös, wobei ein leichtes Nylongewebe, wie es für Fliegengitter verwendet wird, bislang die effektivste Trennschicht bildete. Das Auflegen einiger kleiner Bleigewichte auf die Oberseite des Stapels führte ebenfalls zu einer Leistungssteigerung und zu einer höheren Stabilität, da die Elektroden auf diese Weise ebener und damit näher beieinander gehalten werden konnten.“ Die Verwendung flacher Elektroden bringt bei LEC-Experimenten gleich mehrere Vorteile mit sich. Mit Hilfe von unterschiedlich dicken Abstandshaltern lassen sich die Elektrodenabstände auf einfache Weise ändern. Außerdem lassen sich so auch die Flächen der beiden benachbarten Elektroden schnell variieren, indem man zwischen die Elektroden eine dünne, undurchlässige Plastikfolie platziert.

Auf dem 15. internationalen Workshop über Anomalien in wasserstoffbeladenen Metallen sowie der Generalversammlung der CleanHME in Italien im Jahr 2022 stellte Smith einen weiteren Bericht über seine Experimente mit LEC-Geräten vor.^[48] Die Kurzfassung eines Berichtes enthält eine brauchbare Zusammenfassung der Experimente und deren Ergebnisse:

Die veröffentlichte LEC-Forschung legt nahe, dass es der nassen Ko-Abscheidung von Pd oder Fe zusammen mit einem Wasserstoffisotop auf der Oberfläche einer Arbeitselektrode (WE) bedarf. Wird diese dann getrocknet und in unmittelbarer Nähe, jedoch nicht in direktem Kontakt mit einer Gegenelektrode (CE) platziert, lässt sich unmittelbar eine sehr beständige Spannung von typischerweise 200 bis 800 mV messen. Die WE und die CE können viele Male kurzgeschlossen werden, ohne dass es dadurch zu einer Verringerung der Ausgangsspannung kommt, wobei sich die Ausgangsspannung je nach den gewählten Elektrodenmaterialien und Elektrodenabstand sehr schnell wieder aufbaut - zwischen weniger als 0,1 und 20 Sekunden. Die Spannung zeigt sich, wenn es sich bei dem Gas zwischen den Elektroden um Luft, Wasserstoff oder ein Gasgemisch und Dämpfe handelt und wird durch die WE verursacht, welche das Gas zwischen den Elektroden ionisiert - die LEC funktioniert nicht im Vakuum. Die Ergebnisse der bei der Net Zero Scientific Ltd. durchgeführten Experimente zur Erkundung des Materialparameterraumes haben gezeigt, dass die Ko-Abscheidung keine absolute Voraussetzung darstellt und dass bei der elektrolytischen Beladung mit Wasserstoff ohne eine Ko-Abscheidung ein breites Spektrum an WE-Materialien die gleiche Verhaltensweise zeigt wie ein LEC. Zu diesen Materialien gehören Aluminium, Nickel, Nickelnetz, Titan, Ferrocerium, Zirkonium, Samarium und in Pulverform Terbium sowie die Samarium-Kobalt- und die NdFeB-Legierung.

Der Bericht von Smith enthält eine Erörterung möglicher Mechanismen, die das Verhalten von LEC-Geräten erklären könnten, sowie einige Fehlerquellen bei der Vermessung des LEC. Der Hauptteil des Berichtes befasst sich jedoch mit den Experimenten von Smith. Er schrieb: „Die hier beschriebenen Experimente dienten einzig und allein dazu herauszufinden, ob eine breitere Palette von Anoden- und Kathodenmaterialien als diejenigen, über die bislang berichtet wurde, zur Herstellung von Systemen des Typs LEC eingesetzt werden könnte ... 44 Tests erfolgten unter Verwendung von Kathodenplatten einer Größe von etwa 4 × 3 cm.“ Entscheidend ist, dass diese Tests eine Elektrolyse in Leichtwasser und Spannungsmessungen in Luft beinhalteten. Smith schlussfolgerte daraus: „Die Ergebnisse verschiedener Sondierungsexperimente sowie die hier vorgestellten haben gezeigt, dass die Schaffung einer funktionierenden LEC-Elektrode nicht entscheidend von der Wahl des Kathodensubstrats, des Anodenmaterials, des Elektrolyten oder des Elektrolyt-pH-Wertes abhängt, und auch nicht unbedingt von der Ko-Abscheidung von Metallen auf der WE oder von der Nutzung nur einer einzigen Art von Gegenelektrode oder des Gases oder des Dampfes zwischen den Elektroden.“

Zhang hat vor kurzem einen klar strukturierten Bericht über seine systematischen Experimente mit LEC-Vorrichtungen veröffentlicht^[49], welche denen von DiStefano ähneln, wie in Abbildung 14 zu sehen. Die Arbeit zeichnet sich dadurch aus, dass bei beiden Elektroden feste metallische Werkstoffe zum Einsatz kamen, nämlich Titan, und dass sowohl die Elektrodenabscheidung als auch die Atmosphäre in den LEC-Vorrichtungen variiert wurden. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, kamen vier unterschiedliche Elektrolytabscheidungen und drei verschiedene Atmosphären zum Einsatz.

galvanische Ablagerung	Atmosphäre in den LEC-Vorrichtungen					
	Luft		Wasserstoff		Deuterium	
	mV		mV		mV	
keine	-180	gewisse T-Sensibilität	140	V mit Vorzeichenwechsel		
Eisen	250	gewisse V-T-Relation	95	P folgt T	70	P folgt T
Nickel			-180	keine Korrelationen		
Kupfer	-280	V ist T-sensitiv	-200	V mit Vorzeichenwechsel		

Tabelle 1. Voraussetzungen und Ergebnisse der LEC-Experimente von Zhang.

Gemessen wurden Spannung (V), Temperatur (T) und Druck (P).

Die mV-Werte geben die größten gemessenen Spannungen wieder.

Bei der mit „keine“ bezeichneten Ablagerung fand eine Elektrolyse ohne Metallabscheidung statt. Die Dicke der abgeschiedenen Metalle betrug für Eisen 100 µm und für Nickel und Kupfer 10 µm. Eine der acht im Bericht aufgeführten Datenreihen umfasste 2,5 Stunden, die anderen sieben lagen im Bereich von einem halben bis zu fast zwei Tagen. Tabelle 1 enthält zu den LEC-Spannungen sowie zu den Gastemperaturen und -drücken, welche für die unterschiedlichen Kombinationen erhalten wurden, kurze Kommentare.

Zhang gab dazu die folgenden zusammenfassenden Kommentare (in Klammern redaktionelle Ergänzungen) ab:

- Es gibt zahlreiche Methoden zur Aktivierung der Metalloberfläche. In diesem Experiment haben wir den Versuch einer Galvanisierung mit Eisen, Nickel und Kupfer unternommen sowie den einer Elektrolyse.
- Die LEC-Spannung wurde in Wasserstoff, in Deuterium und in Luft gemessen.
- Die LEC-Spannung ist instabil (in Abhängigkeit von der Zeit).
- Die inneren und äußeren Röhren des Reaktors sind bestens isoliert, sodass Phänomene wie das des Fermi-Niveaus, der triboelektrischen elektromotorischen Kraft und des thermoelektrischen Effektes ausgeschlossen werden konnten.
- Die experimentelle Wiederholbarkeit ist gut (trotz unberechenbarer Schwankungen über die Zeit).
- Mit dem Geigerzähler wurden keine Werte gemessen, die über der Hintergrundstrahlung lagen.

Am Ende seines Berichtes stellte Zhang folgende „Ergänzende Überlegungen“ an: „Das LEC-Experiment weist eine gute Reproduzierbarkeit auf und kann als wissenschaftliche Grundlage dienen. Der Entstehungsmechanismus der LEC-Spannung ist noch immer nicht verstanden und lässt sich derzeit nicht durch bestehende Theorien erklären. Um diesen Mechanismus zu ergründen, sind weitere Forschungsarbeiten erforderlich, beispielsweise zum Nachweis von Röntgenstrahlen, zur Bestimmung der Morphologie von Metalloberflächen, zum Nachweis von Metallelementen, zum Nachweis von Isotopen, Gammastrahlen sowie anderer Strahlen und vieles mehr.“

Erickson, der vormals am Los Alamos National Laboratory tätig war, hat den LEC in seinem Heimlabor erfolgreich nachbauen können^[50]. In seinem Entwurf einer Zusammenfassung für das ICCF-24, welcher allerdings nicht präsentiert wurde, heißt es unter anderem:

Im November 2020 wurde der erfolgreiche Nachbau einer LEC-Zelle mit einer gemessenen Ausgangsspannung von über 350 Millivolt an einer 1-Megaohm-Last bei Raumluft abgeschlossen. Seitdem wurden mehr als ein Dutzend verschiedener LEC-Zellen unterschiedlicher Bauart gefertigt und mit gemessenen Ausgangsspannungen von bis zu 700 Millivolt an einem 200-Kilohm-Lastwiderstand evaluiert. Eine Vielzahl von Zellen wurde bei Betriebstemperaturen von bis zu 200 Grad Celsius im Vakuum sowie in Raumluft, in Argon und in Wasserstoff mit einem Druck von bis zu 30 psig betrieben... In jüngster Zeit wurden Experimente durchgeführt, die Aufschluss darüber geben sollten, ob es während des Betriebes dieser Zellen zur Erzeugung ionisierender Strahlung kommt, wofür verschiedene Nachweismethoden zum Einsatz kamen, darunter ein Ludlum-„Pancake“-Detektor, ein dotierter NaI-Szintillator, ein röntgenstrahlenempfindlicher Leuchtstoff, eine Silizium-pin-Diode und eine dreistufige, thermoelektrisch gekühlte Nebelkammer.

Erickson hat den LEC nachgebaut, jedoch noch nicht dokumentiert, was er im Einzelnen getan und dabei herausgefunden hat. In seinem Labor befindet sich eine Nebelkammer, und in einer Diskussionsrunde im Internet hat er im Jahr 2022 davon berichtet, dass die Arbeitselektrode des LEC in dieser Kammer Spuren verursacht. Welcher Art diese spurenverursachende Strahlung ist und welche Energie sie besitzt, muss noch geklärt werden.

Bei einem weiteren Versuch dieses Autors, energiereiche Strahlung zu messen, hat er mit einem Röntgenspektrometer und einem Gammastrahlungsdetektor nacheinander vier Bereiche einer Arbeitselektrode untersucht, die von Gordon beschichtet und zur Verfügung gestellt wurde^[51]. Bei keinem der einstündigen Durchläufe wurde im Bereich von 5 bis 160 keV eine signifikante Strahlung festgestellt.

- *Standard-LEC-Design.* Die großen Unterschiede bei den LEC-Geräten haben zu der Überlegung geführt, für die Konstruktion von LECs einen eigenen Standard zu schaffen. Die Verwendung von standardisierten Materialien und Geometrien würde zu verbesserten quantitativen Vergleichen zwischen den Experimenten verschiedener Labore führen. Erfreulicherweise stehen Standardarmaturen zur Verfügung, die zur Herstellung von LECs verwendet werden können^[52]. Abbildung 15 zeigt ein Teil eines LECs, das auf einer handelsüblichen Armatur basiert.



Abbildung 15. Zusammengesetzte Darstellung aus einer Zeichnung und einem Foto von einer potenziellen Arbeitselektrode in einem LEC, wie sie für die Herstellung gleichartiger LEC-Geräte für verschiedene Experimente zum Einsatz kommen könnte. Bei der grauen Struktur würde es sich um ein Leerrohr aus Messing oder Kupfer handeln, welches von der Messingarmatur elektrisch isoliert ist. In dieses Rohr ließen sich sowohl eine Heizpatrone als auch Thermoelemente einsetzen. Die Elektrode würde an der Außenseite des Rohrs angebracht werden. Die Gegenelektrode würde dann durch Aufschrauben auf die Armatur angebracht werden. Die Nutzung eines runden Adapters mit Gewinden sowohl auf der Innen- als auch auf der Außenseite würde die Aufnahme von Gegenelektroden von unterschiedlichem Durchmesser ermöglichen. Die Gegenelektrode könnte außerdem mit einer versiegelten Kappe versehen werden, welche wiederum mit einer Röhre und einem Ventil verbunden werden könnte, um den Zwischenraum zwischen den Elektroden zu entleeren und diesen mit einem ausgewählten Gas bei vorgegebenem Druck zu befüllen.

Die Verwendung derartiger Armaturen und der daraus zu fertigenden LECs würde den Vergleich gleichartiger, durch verschiedene Wissenschaftler gefertigter Vorrichtungen ermöglichen und außerdem verbesserte Experimente zur Parametervariation erlauben. Solche Experimente könnten dazu beitragen, die verschiedenen Auffassungen von der Funktionsweise der LECs zu klären.

- *LEC-Mechanismen.* Wie weiter oben bereits dargelegt, herrscht absolute Gewissheit darüber, dass es in Vorrichtungen, die mit Halbleitern ausgestattet sind, welche über pn-Übergänge verfügen, zu einer Ladungstrennung und damit zur Spannungszeugung kommt. Nach wie vor offen ist jedoch die Frage, wie die Ladungstrennung in den LEC-Bauelementen zustande kommt. Derzeit werden vier grundlegende Konzepte diskutiert. Die ersten beiden gehen davon aus, dass die Ladungen durch LENR hervorgerufen werden, und dass ihre kinetische Energie entweder zu einer Ionisierung mit anschließender Ladungstrennung führt oder die erforderliche Ladungstrennung im Zuge ihrer Bewegung von der

Arbeitselektrode zur Gegenelektrode erfolgt. Das dritte Konzept geht davon aus, dass die Spannungen in den LENR-Geräten durch Differenzen im Kontaktpotenzial und ähnliche Festkörperphänomene entstehen. Der vierte Mechanismus besteht in der Diffusion von Ionen des Wasserstoffmoleküls (H_2^+) von der Arbeitselektrode hin zur Gegenelektrode. Alle diese Überlegungen werden in den folgenden Abschnitten behandelt, nachdem wir die Ladungszahlen, die bei LEC-Messungen eine Rolle spielen, erläutert haben.

Die bei LEC-Experimenten gemessenen Stromstärken können mehr als $10 \mu A$ betragen. Abbildung 12 zeigt dazu ein Beispiel. Da $1 A$ genau $1 C/s$ entspricht, und $1 C = 6,24 \times 10^{18}$ Elektronen, ergeben $10 \mu A$ etwa 6×10^{13} Elektronen pro Sekunde. Um die Funktionsweise von LENR-Geräten sowohl in konzeptioneller als auch in quantitativer Hinsicht zu verstehen, sollte man in der Lage sein, die gemessene Anzahl von Ladungen pro Sekunde mit den LENR-Raten ins Verhältnis zu setzen, die zur Erzeugung solcher Raten erforderlich sind.

Ionisierung. In ihrer ersten Präsentation des LEC im November 2020 machten Gordon und Whitehouse deutlich, dass sie davon überzeugt sind, dass das Funktionieren ihrer Erfindung auf der Ionisierung durch energiereiche Teilchen beruht. In ihrer darauffolgenden Präsentation im Januar 2021 wurden sie in diesem Punkt sehr konkret: „Die Energiequelle für die Ionisierung des Gases besteht in einem Pd-H- oder Pd-D-Gitter. Die spezifisch hervorgerufene Ionisation (α, β , elektromagnetisch) wurde nicht näher beschrieben. Der Ionisationsfluss nimmt monoton mit steigender Temperatur zu. Der Mechanismus, der die Ionisation bewirkt, ist noch ungeklärt.“ Einige Vertreter, die LECs nachbauen und deren Verhalten untersuchen, unterstützen auch die Idee, nach der der Mechanismus, welcher die LECs in die Lage versetzt, Ströme, Spannungen und elektrische Energie zu liefern, auf der Ionisierung durch energiereiche Ladungen beruht, welche wiederum auf LENR zurückzuführen sind.

Die Liste all jener Quanten, deren Energie ausreicht, um eine Ionisierung von Gasen oder Festkörpern in LEC-Geräten zu bewirken, ist nicht lang. Die zur Ionisierung fähigen Photonen fallen in den Bereich des elektromagnetischen Spektrums, welcher vom Ultravioletten über die Röntgen- bis hinein in die Gammastrahlung reicht. Doch weder die harte Röntgen- noch die Gammastrahlung würde von den Gasen oder von der Oberfläche der Gegenelektrode absorbiert werden – selbst wenn sie in großer Menge erzeugt werden würde. Die UV- und die weiche Röntgenstrahlung könnte, wenn sie von der Arbeitselektrode emittiert wird, vom Gas zwischen den Elektroden oder von der Oberfläche der Gegenelektrode absorbiert werden. Die Abscheidung der entstehenden Elektronen und Ionen auf die gegenüberliegenden Elektroden würde jedoch von der Energie abhängen, die vom anregenden Photon absorbiert wurde, und wäre maßgeblich davon abhängig, in welche Richtung sich die austretenden Ladungen bewegen. Die wichtigste Frage besteht also darin, welche Mechanismen dafür sorgen, dass die positiven Ladungen (Ionen) und die negativen Ladungen (Elektronen und möglicherweise Ionen) zu den gegenüberliegenden Elektroden wandern. Es gibt zwei Mechanismen, die die Bewegung und die Richtung der positiven und negativen Ionen bestimmen: (a) die Ionendrift infolge elektrischer Felder und (b) die Diffusion durch das räumliche Gefälle der Ionendichte. Beide Mechanismen bestimmen die Primärbewegung der Ionen. Eine thermische Bewegung sowie die Diffusion gegen den Gradienten können dazu führen, dass sich eine kleine Anzahl von Ionen entgegen der Polarität der Elektroden bewegt. Letztendlich wird die Ausgangsspannung von LEC-Geräten durch die räumlich und zeitlich variierenden Kombinationen aus Feldern und Konzentrationen sowie durch den Stellenwert der beteiligten Mechanismen bestimmt.

Als Nächstes betrachten wir die Teilchen, die in der Lage sind, die vermutete Ionisierung zu bewirken. Neutronen stellen hierbei eine eher unwahrscheinliche Quelle dar, denn bei LENR-Experimenten treten sie nur selten in nennenswerter Zahl in Erscheinung und führen auch nicht zu einer ausreichenden Ionisierung. Energereiche Ionen können zwar eine Ionisierung herbeiführen, doch auch hier stellt sich die Frage, ob diese in großen Mengen, also weit mehr als Milliarden pro Sekunde, erzeugt werden könnten. Außerdem sollten energiereiche Ionen leicht nachzuweisen sein. Bleiben als Möglichkeit noch die Elektronen und die niederenergetischen Ionen. Elektronen mit ausreichender Energie könnten jene Ionisierung bewirken, die manche für das Funktionieren eines LEC als notwendig erachten. Allerdings müssten durch die WE sowohl die Elektronen als auch die niederenergetischen positiven Ladungen in signifikanter Zahl emittiert werden – und selbst wenn dies der Fall wäre, bestünde hier das gleiche Problem wie bei der Anregung durch Photonen: Was ist die Ursache für die beobachtete Nettoladungstrennung? Wie kommt sie zustande?

Kinetische Ladungsübertragung. Ebenso ist es möglich, dass schnelle Elektronen von der Arbeitselektrode einfach zur Gegenelektrode wechseln, ohne eine Ionisierung zu verursachen. In normalen elektrochemischen LENR-Experimenten lassen sich Elektronen mit ausreichender kinetischer Energie für den Übergang zwischen den Elektroden jedoch nicht messen. Deren Energien und Ströme (und die Ionisierung, die sie in einem LENR-Gerät verursachen könnten) sind bislang noch unbekannt. Die für das Funktionieren von LENR erforderliche Ladungstrennung ist möglicherweise auf den Elektronenimpuls zurückzuführen. Doch auch hier wäre eine große Anzahl von Elektronen die Voraussetzung.

Festkörpereffekte. In anderen Publikationen haben einige der Wissenschaftler, die daran gearbeitet haben, die in den LEC-Geräten wirkenden Mechanismen zu verstehen, die Möglichkeit in Betracht gezogen, dass verschiedene bekannte Phänomene, wie etwa der Seebeck-Effekt, die Quelle für die in den LEC-Geräten gemessenen Spannungen sind. Ein Experiment zur Untersuchung dieser Möglichkeit haben Gordon und Whitehouse durchgeführt.^[38] Ihr Versuchsaufbau und das dazugehörige Schaltbild sind in Abbildung 16 dargestellt.

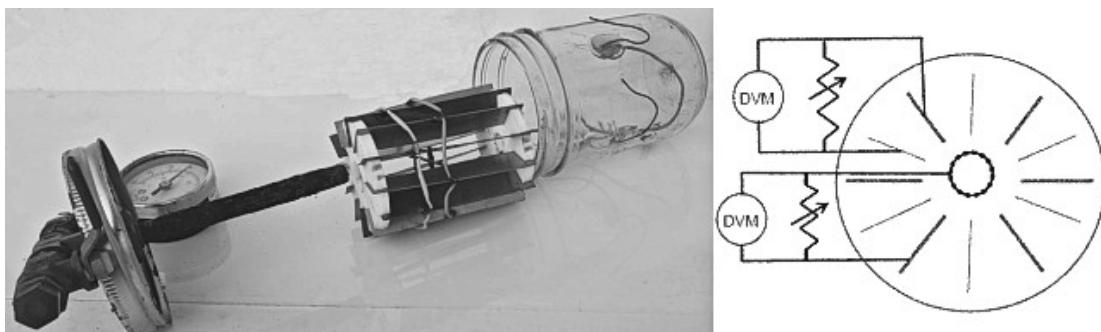


Abbildung 16. Versuchsaufbau zur Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Arbeitsfunktionen verschiedener Metalle. Die Arbeitselektrode ist der schwarze Stab in der Abbildung, der durch den wulstigen Kreis im Schaltplan dargestellt wird.

Sie schreiben: „Bei dem äußerem Gefäß handelt es sich um ein Mason-Glas mit einem Durchmesser von ca. 3,5 Zoll. Die Arbeitselektrode besteht aus einem 1/8-Zoll-Rohrnippel, welcher mit Pd-H abgeschieden ist. Alternierende Flossenelektroden von ca. 2 cm mal 8 cm sind radial rund um die WE angeordnet. Wird das Gas durch die von der WE emittierten energiereichen Teilchen ionisiert, werden die Gegenelektroden bei diesem Aufbau in jenem Bereich platziert, in welchem sich der Bragg-Kurve zufolge die maximale Ionisierung einstellt. Wird durch die WE Gammastrahlung emittiert, platziert dieser Aufbau die CE dort, wo die Gammastrahlung auf die CE trifft und Photoelektronen zur Ionisierung des Gases produzieren könnte. Die Zelle ist mit einem Wasserstoffgas bei annähernd Umgebungsdruck gefüllt.“ In Abhängigkeit von der Zeit wurden zwei Spannungen gemessen. Die Kupfer-Zink-Spannung (über 10 MΩ) begann bei 110 mV, stieg auf 225 mV an und pendelte sich bei 170 mV ein. Die Kupfer-Topalladium-Spannung (über 5 MΩ) begann bei 50 mV, sank auf -110 mA und pendelte sich bei -80 mV ein. Die Ergebnisse des Experiments belegen nicht schlüssig die Bedeutung der Arbeitsfunktion der Elektroden. Darüber hinaus besteht bei der Frage der Arbeitsfunktionen ein grundsätzliches Problem. Damit diese Einfluss auf die Ausgangsspannungen eines LEC nehmen können, wäre ein elektrischer Kontakt zwischen ungleichen Metallen erforderlich. Auch hierzu sei auf die Schlussfolgerung von Zhang verwiesen: „Die inneren und die äußeren Röhren des Reaktors sind bestens isoliert, und das Fermi-Niveau, die elektromotorische Kontaktkraft und Phänomene bezüglich des Thermoelementes sind ausgeschlossen.“

Wasserstoff-Ionen-Diffusion. Wie bereits erwähnt, hatten David und Giles mit Experimenten begonnen, um auf direktem Wege mittels LENR-Energie Elektrizität zu erzeugen. David ist nach wie vor auf diesem Gebiet tätig und hat vor kurzem eine mögliche Erklärung für jenen Mechanismus veröffentlicht, der in den LENR-Geräten zum Tragen kommt. Sein Konzept lässt sich dem Schema in Abbildung 17 entnehmen.^[53]

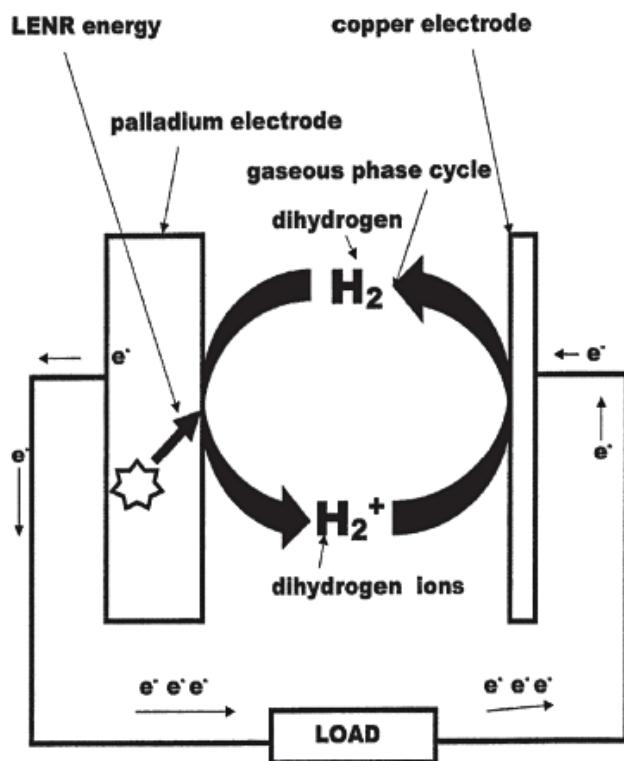


Abbildung 17. Schematische Darstellung der Funktionsweise des von David vorgestellten H_2 +Ionendiffusionsmechanismus.

Sie zeigt eine aus Palladium bestehende Elektrode in einem LEC, obwohl das Prinzip auch auf eine Palladium- oder eine andere Ablagerung anwendbar ist, die Wasserstoffionen enthält. Das Zustandekommen von LENR in der aktiven Elektrode führt an der Elektrodenoberfläche zur Bildung von H_2^+ -Ionen. Derartige Ionen verlassen die aktive Elektrode mit einer positiven Nettoladung. Wenn es sich ablöst, dann kann das Molekülion zur Gegenelektrode diffundieren und dort ein Elektron aufnehmen. Ein leichtes Ion, wie das H_2^+ , weist einen relativ großen Diffusionskoeffizienten auf. Die Neutralisierung des Ions führt an der Gegenelektrode zu einer positiven Nettoladung. Die daraus resultierende Ladungstrennung kann, wie in der Abbildung dargestellt, eine Ladung antreiben.

Wie aus Abbildung 18 ersichtlich, haben Gordon und Whitehouse^[33] Daten zur Temperaturveränderung des konstanten Ladungsstroms bei niedrigen Ladungswiderständen vorgelegt.

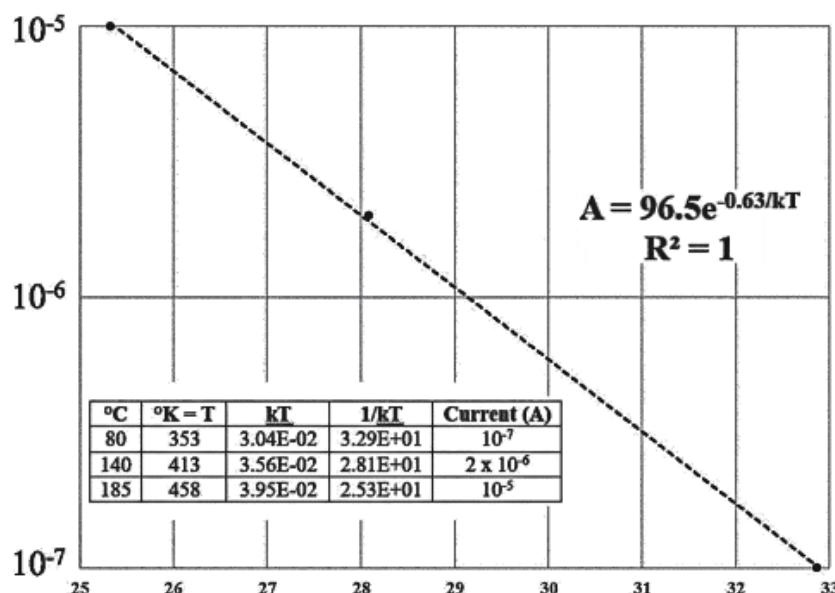


Abbildung 18. Temperaturabhängigkeit des LEC-Stroms in logarithmischen Ampere vertikal gegen $1/kT$ horizontal, worin k die

Boltzmann-Konstante und T die absolute Temperatur darstellen.

Die Grafik zeigt das Verhalten einer Arrhenius-Kurve mit einer Aktivierungsenergie von 0,63 eV.

Aus der Darstellung in Abbildung 18 ergeben sich zwei interessante Schlüsse. Der eine besteht in der hervorragenden Anpassung der drei Datenpunkte an eine Arrhenius-Gleichung, was auf einen aktivierte[n] Diffusionsprozess hindeutet. Dies schließt zwar nicht aus, dass der Abstand zwischen den Elektroden durch energiereiche Teilchen auf kinetischem Wege überbrückt wird, doch spricht die Anpassung eher für den in Abbildung 16 dargestellten Diffusionsmechanismus nach David. Die Aktivierungsenergie von 0,63 eV, so wie sie sich aus diesem Diagramm ergibt, erscheint für die Bewegung von H_2^+ -Molekülen in Luft recht hoch.

Der in Abbildung 16 gezeigte Ladungsfluss entspricht dem einiger Brennstoffzellen^[54] mit Protonenaustauschmembranen (PEM)^[55], bei denen die H_2 -Brennstoffmoleküle an der Anode in H-Atome dissoziieren, welche dann Elektronen verlieren und zu Protonen werden. Die Protonen diffundieren durch die PEM zur Kathode, wo sie Elektronen aufnehmen und sich mit O_2 zu Wasser verbinden. Die Elektronen von der Anode bewegen sich über die externe Last zur Kathode der Brennstoffzelle, so wie beim in Abbildung 16 dargestellte Elektronenfluss. Die in den Brennstoffzellen erzeugte Energie resultiert aus der geringeren Energie der Wassermoleküle gegenüber jener der Gase H_2 und O_2 . Nach David beruht die Energie aus den LEC-Geräten auf dem LENR-Prozess, der H_2^+ -Ionen hervorbringt. Im Folgenden wird eine Möglichkeit beschrieben, Davids Konzept zu überprüfen.

Analysen. Das Fehlen eines Instrumentes zur Erzielung einer Ladungstrennung im LEC-Gerät spricht eher gegen eine Vorrichtung zur Ionisierung. Auch die Tatsache, dass die LEC-Geräte mit unterschiedlichen Gasen funktionieren, steht offenbar nicht im Einklang mit einer Ionisierungsvorrichtung. Angesichts dieser beiden Punkte und der obigen Diskussion scheinen uns für den in LEC-Geräten wirksamen Mechanismus im Wesentlichen zwei Optionen zu bleiben: die kinetische Ladungsübertragung und die Diffusion von Wasserstoffmolekülen. Es besteht die Möglichkeit, beide Mechanismen systematisch und auf einheitlicher Basis zu untersuchen. Dies soll in den nachfolgenden Abschnitten erfolgen.

Die Spannung, die zwischen der WE und der CE auftritt, wird bestimmt durch die Geschwindigkeit und die Laufzeit der Ladungen, die (a) von der WE erzeugt, (b) erfolgreich zwischen der WE und der CE übertragen und (c) von der CE absorbiert werden. Zum Ersten hängt die Geschwindigkeit der Ladungserzeugung durch die WE von zwei Faktoren ab: von der LENR-Rate, wie sie nahe der Oberfläche der WE herrscht, und von dem Multiplikationsfaktor, aus dem sich die Anzahl der pro LENR-Ereignis emittierten Ladungen ergibt. Zum Zweiten hängt die Übertragung von Ladungen über den zwischen den Elektroden befindlichen Spalt von zwei Arten von Faktoren ab, von denen einige mit der Ladung und einige mit dem Umgebungsgas im Spalt zusammenhängen. Die Art der Ladung und ihre Energie sind beide für die Transporteffizienz von Bedeutung. Auch die Art des Gases (H_2 , Luft usw.) und der Druck dürften eine Rolle spielen. Zum Dritten entspricht die Anzahl der auf der CE eintreffenden Ladungen aufgrund von Oberflächenverlusten und der Anregung zusätzlicher Ladungen infolge des Auftreffens energiereicher Ladungen möglicherweise nicht der Anzahl, die tatsächlich übertragen wurde. Letztendlich sind sowohl die Produktionsmengen als auch die Transporteffizienzen von größter Bedeutung.

Abbildung 19 zeigt zwei Skizzen, die auf den Gleichungen zur Abschätzung des elektrischen Stroms (Elektronen/s) aus der Rate der Kernreaktionen (LENR/s) für beide Mechanismen basieren.

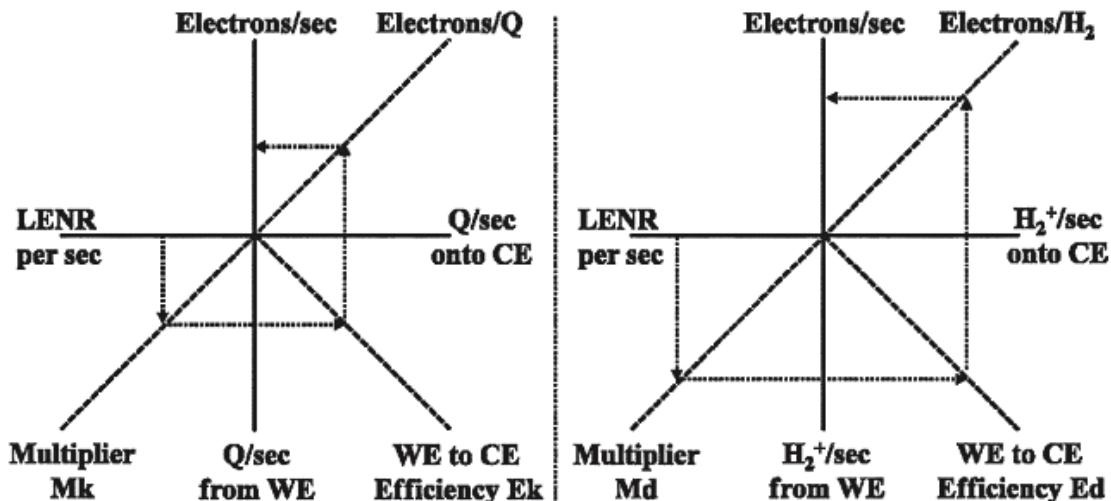


Abbildung 19. Schematische Darstellungen der Faktoren in den Gleichungen, welche für die beiden potenziellen LENR-Mechanismen relevant sind. Links: Diagramme für den kinetischen Ladungstransfer. Rechts: Diagramme für die Diffusion von Wasserstoffmolekülen. Auf beiden Seiten werden mit Ausnahme des oberen linken Bereiches in allen drei Quadranten Log-Log-Diagramme dargestellt. Die Pfeile im linken Diagramm zeigen, dass eine niedrige LENR-Rate zu einem niedrigen Strom führt. Die Pfeile auf der rechten Seite zeigen, dass eine hohe LENR-Rate zu einem hohen Strom führt. Zu den Gleichungen und Erklärungen siehe den Text.

Diese Methode der grafischen Darstellung von Gleichungen wurde auf der [ICCF-13](#) für die Berechnung von LENR-Raten auf Metalloberflächen entwickelt.^[56] In den drei Diagrammen werden vier Faktoren mittels der durchgezogenen Achsen sowie jeweils drei Wirkungsgrade mittels der gestrichelten Linien abgebildet. Dies ermöglicht die Bestimmung einiger der Faktoren in den Gleichungen auf der Basis bekannter Werte von anderen Faktoren.

Die [Stromstärke](#) des LEC beruht bei einem [kinetischen](#) Mechanismus auf den folgenden Faktoren: ([Elektronen](#)/Q), Ek, Mk und (LENR/s). Dabei steht Q für die in der [WE](#) erzeugten Quanten, die mit einer Rate von Mk Quanten pro LENR-Reaktion erzeugt werden, welche dann von der [WE](#) emittiert werden, dann mit dem Wirkungsgrad Ek zur [CE](#) gelangen und dort [Elektronen](#) mit der Rate (Elektronen/Q) freisetzen. Die letztere Rate könnte den Wert eins annehmen, wenn die Quanten, welche von der [WE](#) zur [CE](#) gelangen, nicht mit ausreichender [Energie](#) auftreffen, um so zusätzliche [Ladungen](#) freisetzen zu können. Die Gleichung für den kinetischen LEC-Mechanismus lautet im stationären Zustand wie folgt:

$$\text{LEC-Stromstärke} = (\text{Elektronen} / Q) \times E_k \times M_k \times (\text{LENR} / s)$$

In ähnlicher Weise hängt die [Stromstärke](#) bei einem [diffusiven](#) LEC-Mechanismus von den folgenden Faktoren ab: ([Elektronen](#)/ H_2^+), Ed, Md und (LENR/s). Die Definition der [Terme](#) der zweiten Gleichung entspricht jener aus der ersten Gleichung, wobei die energiereichen Quanten Q durch die [Diffusion](#) von H_2^+ ersetzt werden. Auch hier spielen zwei Faktoren eine entscheidende Rolle: der [Multiplikator](#) Md und die [Transporteffizienz](#) Ed. Pro auftreffendem Wasserstoffmolekülion sollte in der [CE](#) nur ein [Elektron](#) verbleiben, so wie in Abbildung 17 dargestellt. Die Gleichung für den [diffusiven](#) LEC-Mechanismus lautet im stationären Zustand wie folgt:

$$\text{LEC-Stromstärke} = (\text{Elektronen} / H_2^+) \times E_d \times M_d \times (\text{LENR} / s)$$

Die Nützlichkeit der in Abbildung 19 gezeigten Diagramme lässt sich dadurch veranschaulichen, dass man sie dazu verwendet, die gemessene [Stromstärke](#) (Elektronen/sec) mit der [Kernreaktionsrate](#) (LENR/s) in Beziehung zu setzen. Hierzu sind Schätzungen der drei in den Gleichungen und Diagrammen angegebenen Wirkungsgrade erforderlich. Liegen für jedes Diagramm alle drei vor, so sind alle Faktoren vollständig bestimmt. Einer der Wirkungsgrade lässt sich mit großer Sicherheit schätzen, nämlich die Anzahl der [Elektronen](#) pro [Wasserstoffmolekülion](#) H_2^+ . Sein Wert kann als eins angenommen werden. Die Anzahl der Elektronen, die pro einfallendem [Quant](#) Q erzeugt werden, könnte ebenfalls gleich eins sein, könnte aber auch größer sein, wenn die Quanten beim Eintreffen auf der [CE](#) noch über eine erhebliche Menge an Energie verfügen. Die Transporteffizienz E von [Quanten](#) oder [Ionen](#) zwischen den [Elektroden](#) lässt sich weniger genau bestimmen. Es kann jedoch davon ausgegangen

werden, dass beide eine relativ große Wahrscheinlichkeit aufweisen, vielleicht in einem Bereich von 0,1 bis 0,5. Der am wenigsten bekannte Faktor besteht in der Anzahl der energiereichen Quanten und der Molekülionen M , welche in der Arbeitselektrode pro LENR-Reaktion erzeugt werden. Alle diese Faktoren können kleiner als eins sein. Da die energetische Leistung von Kernreaktionen jedoch im MeV-Bereich liegt, dürften die Werte dieser Faktoren sehr viel größer als eins sein. Möglicherweise liegen die Produkte ($M_k \times E_k$) und ($M_d \times E_d$) in einem Bereich zwischen 1 und 100. Sollte dies zutreffen, dann wäre die Ausgangstromstärke in (Elektronen/s) um ähnliche Faktoren größer als der Wert von (LENR/s).

Die Überprüfung kürzlich durchgeföhrter Messungen der Stromstärke hat ergeben, dass die Überlegungen aus dem letzten Absatz einer Änderung bedürfen. Wie bereits erwähnt, entsprechen $10 \mu\text{A}$ Stromstärke bei einem LEC etwa 6×10^{13} Elektronen pro Sekunde.

Bei einem Verhältnis von Elektronen zu LENR von 20 würde die LENR-Rate etwa $3 \times 10^{12}/\text{s}$ betragen. Werden bei jeder LENR-Reaktion 24 MeV freigesetzt, der Wert für die Fusion von Deuteronen, entspräche diese LENR-Rate einer Leistung von 10 W, einer problemlos zu messenden LENR-Leistung. Eine LENR-Leistung von 10 W würde die Temperatur der Arbeitselektrode auf Werte ansteigen lassen, die höher sind als die bisher gemessenen. Daher müssen die Schätzungen der LENR-Raten angepasst werden, indem die Produkte ($M_k \times E_k$) und ($M_d \times E_d$) auf wesentlich größere Werte, vielleicht auf über 1000, korrigiert werden. Dies würde Multiplikatoren M mit Werten von weit über 1000 erforderlich machen, da die Wirkungsgrade E kleiner als eins sind. Derzeit ist es nicht möglich, auf rechnerischem Wege festzustellen, ob einer der beiden potenziellen LEC-Mechanismen, kinetisch oder diffusiv, der zutreffende ist – oder falls nicht, welcher andere Mechanismus in den LEC-Geräten zum Tragen kommt. Trotz allem sollten Experimente entwickelt werden können, mit denen sich mehr über die Wirkmechanismen erfahren lässt.

- *Mögliche Experimente mit LEC-Geräten.* Einige Wissenschaftler haben bereits ihre Ansichten im Hinblick auf neue Experimente zum Verhalten und zum Verständnis der Wirkmechanismen des LEC geäußert. Einige davon sollen in den folgenden Absätzen zusammengefasst werden.

Mitte Oktober 2022 veröffentlichte Zhang im LENR-Forum eine Zusammenfassung eines Treffens von chinesischen Wissenschaftlern, die sich mit der Kalten Fusion befassen.^[57] Er berichtete, dass die Gruppe es begrüßen würde, wenn die folgenden Experimente mit LEC-Geräten durchgeführt werden würden: „1. Zum Einfluss des Plattenabstandes auf den LEC. 2. Zum Einfluss der Plattenfläche auf den LEC. 3. Zur Frage, ob zwischen den Elektroden eine Spannung vorhanden ist, wenn zwischen beiden ein Stück Papier platziert wird. 4. Prüfung des Kurzschlussstroms. 5. Zur Frage, ob die Trockenheit und die Isolierung von Verbindungen sowie von Isolierungshalterungen die Messung beeinflussen (ausgenommen chemische Batterien und Thermoelemente)“. Die ersten vier der genannten Punkte betreffen mögliche parametrische Versuche an LEC-Geräten. Der letzte Punkt betrifft die immer noch offene Frage, ob die von LECs erzeugten Spannungen chemischen oder nuklearen Ursprungs sind.

Die bereits veröffentlichten Experimente zur Variation der Elektrodenabstände und der Elektrodenfläche des LEC wurden unter Anwendung der üblichen zylindrischen Geometrie durchgeführt. Die Verwendung von flachen Platten bietet für derartige Experimente jedoch einen erheblichen Vorteil. Die flachen Platten lassen sich wahlweise horizontal oder vertikal ausrichten. Der Autor hat beide Möglichkeiten in Betracht gezogen, wie den folgenden Abschnitten zu entnehmen ist.

Smith hat Experimente mit flachen LEC-Elektroden durchgeführt. Im März 2022 schrieb der Autor in einer E-Mail an Smith über Experimente mit horizontalen flachen Platten Folgendes: „Sie befinden sich in einer günstigen Position, um zwei wichtige Experimente durchzuführen. Das eine bestünde darin, den Abstand zwischen den Platten zu variieren, indem Sie eine unterschiedliche Anzahl von Deckgläsern einsetzen – vorausgesetzt, es handelt sich um flache Platten. Ich denke, dass die Variation der Spannung bei unterschiedlichen Abständen wertvolle Daten zum Verständnis des LEC liefern könnte. Ein weiteres Experiment würde darin bestehen, die Fläche der Platten zu variieren. So könnten Sie ein System ohne einen zentralen Abstandshalter entwickeln und stattdessen einen Isolator (eine Plastikfolie oder vielleicht sogar Papier) aufbringen, um zu beobachten, wie die Spannung mit der Fläche variiert. Beide Experimente würden durch die Gleichmäßigkeit der Aktivität auf der Arbeitselektrode bestimmt werden.“

Es scheint, dass die Verwendung von vertikal ausgerichteten flachen Platten einige Vorteile mit sich bringen würde. Einer davon besteht in der Möglichkeit, den Abstand zwischen den Elektroden auf einfache Weise variieren zu können. Abbildung 20 zeigt Bilder der Ko-Abscheidung von Palladium und Deuterium auf einer handelsüblichen Halterung aus einer Eisenlegierung.

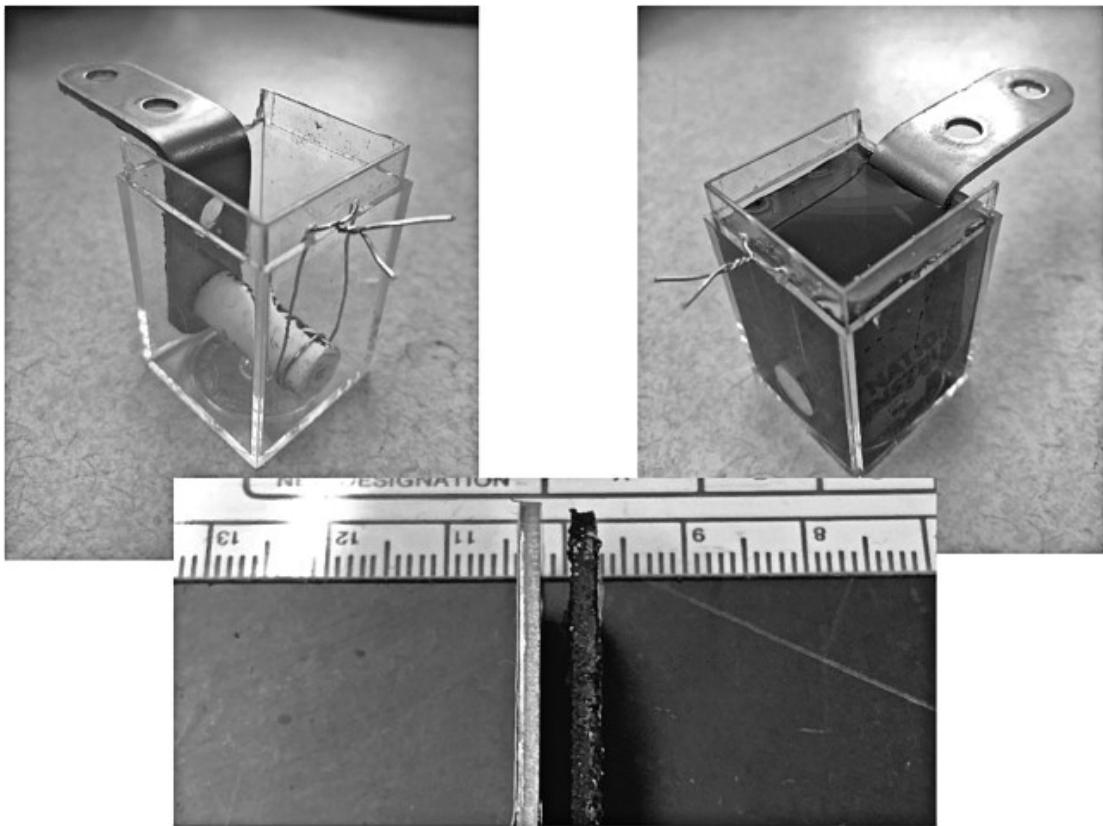


Abbildung 20. Oben: Fotos einer Zelle aus Lucite vor und nach der Befüllung mit einem Schwerwasser-Elektrolyten aus PdCl₂ und LiCl und der anschließenden Ko-Abscheidung von **Palladium** und **Deuterium**. Unten: Bild der beschichteten und geschwärzten Klammer auf der rechten Seite im Abstand von 2 mm von einer Gegenelektrode auf der linken Seite.

Bei dem Test konnte keine Spannung nachgewiesen werden. Dies könnte auf (a) eine unwirksame Ablagerung, (b) einen zu großen Abstand oder (c) das Entweichen von H₂⁺-Ionen in die Atmosphäre über den Elektroden zurückzuführen sein.

Ein weiteres Experiment, das in Abbildung 21 skizziert wird, legt die letztgenannte Möglichkeit nahe.



Abbildung 21. Querschnitt durch zwei Potenzialexperimente, bei denen die LEC-Elektroden (die senkrechten schwarzen Linien) von ihren Enden aus gesehen vertikal ausgerichtet sind und die Arbeitselektrode auf der linken Seite eine Ablagerung auf ihrer Innenfläche aufweist (die schwarze Verdickung). Der schraffierte Bereich ist der Labortisch, und die horizontalen schwarzen Linien sind Elektroden zur Anwendung elektrischer Felder im Inneren des LEC. Bei den offenen Kästen mit ihren schwarzen Umrissen handelt es sich um Kunststoffteile. Die beiden inneren Kunststoffhalterungen sind an den Metallelektroden befestigt, um diese aufrecht zu halten.

Falls das Entweichen von Wasserstoffmolekülen für das Scheitern des soeben beschriebenen Experiments verantwortlich gewesen sein sollte, dürfte es recht einfach sein, dieses Entweichen zu unterbinden. Wenn man die LEC-Elektroden senkrecht aufstellt, so wie die Klammern in Abbildung 19, und sie dann mit einer Kunststoffabdeckung versieht, sollte das Entweichen der H₂⁺-Ionen verhindert werden können. Wäre eine solche Kunststoffabdeckung vorhanden, könnte sich über den Diffusionsmechanismus eine LEC-Spannung aufbauen. Das Entfernen der Abdeckung würde das

Entweichen der H_2^+ -Ionen ermöglichen und somit die Spannungserzeugung stoppen. Wenn die Abdeckung dann erneut angebracht wird, kann die Zeit gemessen werden, die benötigt wird, um das interne Gleichgewicht wiederherzustellen und eine konstante Spannung zu erzeugen.

Mit dem Schema in Abbildung 21 ließe sich auch noch ein anderes Experiment realisieren. Sollte die Wanderung energetisch aufgeladener Teilchen von der Arbeits- zur Gegenelektrode ganz oder teilweise die Ursache für die LEC-Spannungen sein, könnte das Anlegen eines elektrischen Feldes die Bewegung der Ionen und damit die zeitliche Veränderung der LEC-Ausgangsspannung beeinflussen. Die [horizontalen] schwarzen Linien in Abbildung 21 zeigen die Positionen der flachen Elektroden, an die Gleichstrom oder variable Spannungen angelegt werden könnten. Würde sich die aktive Ablagerung auf der Arbeitselektrode auf einen schmalen Streifen beschränken, wie in der Abbildung angedeutet, könnten die Ionen, die ihn verlassen, je nach Art der Ladungen, ihrer Energie, der Feldstärke sowie der Atmosphäre und dem Druck innerhalb der LEC in ihrer Trajektorie erheblich beeinflusst werden. Möglich wären auch zwei parallele Drähte, je einer auf oder in der Oberfläche jeder Elektrode, wobei derjenige auf der Arbeitselektrode mittels einer Beschichtung aktiviert wird. Dann könnte über die Variation der äußeren Feldstärke eine signifikante Regulierung der Leistung des LEC erreicht werden.

Es scheint nun klar geworden zu sein, dass der LEC als ein wertvolles Forschungsinstrument in der LENR-Forschung dienen kann, ganz unabhängig davon, ob er jemals auf Leistungen skaliert werden wird, die sowohl in Bezug auf ihre Höhe als auch auf ihre Dauer und mit der erforderlichen Regelung praktikabel sind oder auch nicht.

5. Systeme zur direkten Umwandlung auf der Basis von Zwischenräumen und Plasmen

Das Gas in einem LEC kann zwar zum Teil ionisiert sein, doch aufgrund seiner niedrigen Temperatur handelt es sich vielmehr um ein nur geringfügig ionisiertes Gas denn um ein Plasma. Daneben existiert noch eine weitere Klasse von Geräten zur direkten Stromerzeugung, die zwischen den beiden Metallelektroden einen Zwischenraum aufweisen. Bei dieser anderen Klasse ist der Zwischenraum jedoch zumindest zeitweise zum Teil mit einem heißen Plasma gefüllt. Zunächst werden wir einige ältere Experimente dieses Typs besprechen, bevor wir uns mit der modernen Version eines solchen Experimentes befassen.

- *Frühe Abhandlungen, die bezüglich einer direkten Elektrizitätserzeugung von Relevanz sind.* In der Geschichte von LENR gibt es offenbar eine ganze Reihe von Abhandlungen aus der Zeit weit vor der Bekanntmachung von Fleischmann und Pons, in denen Nachweise dafür aufgeführt sind, dass es bei Experimenten im niederenergetischen Bereich möglicherweise zu Kernreaktionen gekommen ist. In mehreren dieser älteren Dokumente wurde über Wärmeenergie, über Reaktionsprodukte und über die Erzeugung von Elektroenergie berichtet. Im Folgenden gehen wir ausführlicher auf diese frühen Arbeiten über die Erzeugung von Spannungen ein, die offenbar auf Kernreaktionen zurückzuführen waren. Dies hat zwei Vorteile. Zum einen ermöglicht es einen Vergleich mit jenen nach 1989 erschienenen Abhandlungen über eine direkte Erzeugung, welche im vorliegenden Artikel besprochen werden. Zum anderen schafft es die Grundlage für eine Untersuchung der jüngsten Veröffentlichungen von Egely über seine Entwicklung eines modernen Systems zur Verstärkung elektrischer Energie mittels LENR.

Schon seit Langem beschäftigt sich Egely mit Dokumenten, in denen im 20. Jahrhundert, also bereits weit vor 1989, über merkwürdige und möglicherweise nukleare Effekte berichtet wurde. Zahlreiche seiner diesbezüglichen Artikel hat er in der Zeitschrift Infinite Energy veröffentlicht. Während der Präsentation auf der ICCF-24 hat Egely acht Artikel aus der Infinite Energy vorgestellt, die man gelesen haben sollte, um das System, über das er auf der ICCF-24 berichtet hat, besser zu verstehen. Sie tragen allesamt den Titel „Faces of LENR“ (Facetten von LENR), deren Untertitel in Tabelle 2 zusammengefasst sind.

Untertitel	Ausgabe	Seiten	Datum
Teil 1: Von der Alchemie zu den Biologischen Transmutationen	151/2	15 - 26	Mai / August 2020
Teil 2: Von der Alchemie zu den Biologischen Transmutationen	153	16 - 31	September / Oktober 2020
Teil 3: Von der Alchemie zu den Biologischen Transmutationen	154	8 - 26	November / Dezember 2020
Teil 4: Von der Alchemie zu den Biologischen Transmutationen	155	9 - 22	Januar / Februar 2021
Teil 5A: Konstruktions- und Betriebsprinzipien von LENR-Reaktoren	156	9 - 26	März - Juni 2021
Teil 5B: Konstruktions- und Betriebsprinzipien von LENR-Reaktoren	157	23 - 43	Juli / August 2021
Teil 5C: Konstruktions- und Betriebsprinzipien von LENR-Reaktoren	158	27 - 47	September / Oktober 2021
Teil 5D: Konstruktions- und Betriebsprinzipien von LENR-Reaktoren	159	13 - 27	November 2021 - Februar 2022

Tabelle 2. Die Artikel von Egely über die älteren Berichte zu ungewöhnlichen und möglicherweise nuklearen Phänomenen.

Darin zitiert er auch zwei spezielle ältere Artikel, die für sein System von Relevanz sind.^[58]

Aus den Untertiteln geht hervor, dass die acht Artikel in zwei Kategorien unterteilt sind. Eine erste Reihe (Teile 1 - 4) befasst sich mit wissenschaftlichen Themen, die für die zweite Reihe aus vier Artikeln (Teile 5A - D) als bedeutsam angesehen werden. Der Umfang der acht Artikel ist bemerkenswert. Alle sind ausgesprochen detailliert und weisen ausführliche Referenzen auf. Im Teil 5A fasst Egely den Inhalt der ersten vier Artikel (Teile 1 - 4) in folgender Weise zusammen:

In Teil 1 erfolgt eine Erweiterung der Elektrodynamik durch die Einbeziehung der Rotation. Dadurch kann der Entstehungsmechanismus von kondensierten Plasmoiden als der von schweren torusförmigen Quasiteilchen beschrieben werden. In Teil 2 werden die rotierenden geladenen Staubteilchen als ein Vehikel für die einfachsten LENR-Prozesse in der Natur beschrieben; sie dienen der Energieerzeugung in der Sonnenkorona ebenso wie der ATP-Synthase, durch die Deuterium und Kohlenstoff zu Stickstoff umgewandelt werden. In Teil 3 wird die Elektrodynamik um eine verallgemeinerte Lorentzkraft erweitert, welche die Möglichkeit zur Teleportation einschließt. Hierdurch lassen sich die Transmutation/Fusion von schweren Kernen erklären und ebenso der Hutchison-Effekt. In Teil 4 werden die vielfältigen Eigenschaften des Äthers beschrieben. So wird davon ausgegangen, dass der Äther bei makroskopischen Entfernungen zum Teil aus Neutrinos besteht und eine reibungsfreie Superflüssigkeit bildet. Bei subatomaren Entfernungen stellt der Äther ein zufällig schwingendes Medium von hoher Dichte dar, welches aus elektromagnetischen Schwingungen besteht. Sein hohes Durchdringungsvermögen schließt die Existenz irgendeines isolierten Systems aus. Von daher handelt es sich bei den Regeln der Thermodynamik lediglich um eine Näherung, nicht aber um Gesetze.

Es liegt auf der Hand, dass Egelys Ansichten sowohl hinsichtlich der Konzeption als auch der Terminologie weit über das hinausgehen, was er als „Lehrbuchphysik“ bezeichnet. Einige der weniger geläufigen Begriffe werden wie folgt beschrieben: Plasmoide^[59], Quasiteilchen^[60], ATP-Synthase^[61], Teleportation^[62], Hutchinson-Effekt^[63] und Äther^[64].

Im Laufe dieser Übersichtsdarstellung wird das Wort „Plasmoid“ immer wieder auftauchen, so dass wir an dieser Stelle einen kurzen Zwischenstopp machen, um einige diesbezügliche Erläuterungen zu geben.^[65] Der Begriff wurde 1956 von Bostick geprägt^[66], als er Folgendes zu einigen seiner Experimente anführte: „Das Plasma wird nicht als amorpher Klumpen, sondern in Form eines Torus emittiert. Wir erlauben uns, diese torusförmige Struktur als Plasmoid zu bezeichnen, ein Wort, das mit seiner Bedeutung für eine plasmamagnetische Entität steht. Das Wort Plasmoid steht als Oberbegriff für alle plasmamagnetischen Gebilde.“ Der Begriff „kondensiertes Plasmoid“ wurde von Jaitner entwickelt, der dazu feststellte^[67]:

Der Begriff „condensed plasmoid (CP)“ (kondensiertes Plasmoid) wird in diesem Dokument zum allerersten Mal verwendet, weswegen hier eine Definition erfolgen soll. Ein CP wird definiert als ein Plasmoid (d. h. eine in sich konsistente Struktur aus einem stromdurchflossenen Plasma und Magnetfeldern), das alle folgenden Kriterien erfüllt:

• Das Plasmoid hat sich durch eine starke Z-Pinch-Bedingung selbst zusammengezogen. „Stark“ meint in diesem Zusammenhang, dass die innere Stromstärke mehr als 200 A beträgt, der Radius des Plasmakanals weniger als 200 pm misst und die Länge des Plasmakanals mindestens einige Mikrometer umfasst.

• Sämtliche Elektronen aller beteiligten Atome (und nicht etwa nur die äußereren Elektronenschalen) sind delokalisiert, was bedeutet, dass die Elektronen allesamt am Stromfluss beteiligt sind und dass sie sich zwischen den Atomkernen frei bewegen können. Verursacht wird diese Delokalisierung durch den geringen Abstand zwischen den Atomkernen (im Falle des Wasserstoffs also weniger als 10 pm).

• Die Elektronen bewegen sich in Orbitalen, welche sich im (oder in der Nähe des) quantenmechanischen Grundzustand(es) des CP befinden. Um dies zu verwirklichen, muss die Temperatur des CP so niedrig sein, dass der thermische Druck des Plasmas niedriger ausfällt als der magnetische Druck, welcher dem sich in Bewegung befindlichen Elektronengas durch die Lorentzkraft entgegengebracht wird. Die Eigenschaften von CPs entsprechen damit nicht immer den konventionellen Erkenntnissen der Plasmaphysik.

Die CPs existieren in unterschiedlichen Topologien:

- Die offene Konfiguration eines CPs existiert unter transienten Bedingungen in Anwesenheit eines starken elektrischen Feldes.
- Die geschlossene Konfiguration eines CPs stellt die langlebige Form dar, bei der der interne Strom in kreisförmiger Weise fließt.

Auch wenn sich viele Wissenschaftler an Egelys Sichtweise stören, so beinhaltet sie doch einen Teil der grundlegendsten Fragen zu LENR. Es geht um die Frage, ob sich LENR allein auf der Grundlage des Standardmodells der Physik verstehen lässt. Einige LENR-Theoretiker sind der Auffassung, dass dieses allgemein anerkannte, aber immer noch intensiv erforschte Modell nicht ausreicht, um LENR verstehen zu können. Die dauerhaften Auswirkungen von LENR auf die Physik und die Wissenschaft im weiteren Sinne werden von der endgültigen Antwort auf diese Frage abhängen. Um sich mit den wichtigsten Themen der „Konstruktions- und Betriebsprinzipien von LENR-Reaktoren“ zu befassen, bedarf es jedoch nicht zwingend einer Antwort auf die grundlegende Frage nach dem Verständnis von LENR. Im Grunde läuft die Wissenschaft von LENR parallel zu den technischen Entwicklungen und sogar zu deren kommerzieller Vermarktung. Für die frühe Aufmerksamkeit, die der Nutzbarmachung von LENR gewidmet wird, lassen sich im Wesentlichen zwei Gründe ausmachen. Zum einen besteht da die Aussicht auf immense Gewinne und zum anderen drängt die Zeit angesichts der zahlreichen katastrophalen Auswirkungen des Klimawandels.

Den Teil 5A begann Egely mit einer genauen Erklärung, was er mit den „Facetten“ von LENR meint:

Die Teile 5A (der vorliegende) und 5B (in Vorbereitung) behandeln die vorherrschenden Typen (Facetten) von LENR-Reaktoren: 1. Wärme produzierende Reaktoren, die hauptsächlich durch Kernspaltung angetrieben werden, welche durch die Rissbildung (Wasserstoffkorrosion) im Gitter hervorgerufen wird. Die Pons-Fleischmann-Zelle gehört zu dieser Gruppe (Teil 5A). 2. Die zweite Gruppe von Reaktoren basiert auf der Transmutation selbst von schweren Elementen. Sie zeichnet sich insbesondere durch rotierende geladene Staubteilchen aus (Teil 5A). 3. Die dritte Facette von LENR wird durch Reaktoren dominiert, welche elektrische Energie auf der Basis von Oberflächenplasmonen und kondensierten Plasmoiden erzeugen. Ihr technischer Aufbau sowie ihre Verfahren zur Energiegewinnung werden ebenfalls erörtert. Es handelt sich hierbei um angewandte Physik und die Ingenieurwissenschaften (Teil 5B).

In den folgenden Abschnitten geben wir einen kurzen Überblick über die vier Teilkapitel von Teil 5, die sich größtenteils mit der Energieerzeugung und -umwandlung befassen. Allerdings befassen sich die genannten Abhandlungen auch mit der direkten Stromerzeugung, insbesondere Teil 5C.

Da sich Egely mit allen drei Aspekten von LENR befasst, hat er in Teil 5A eine Übersicht erstellt, in der die Geräte zur Wärmeerzeugung vorgestellt werden und die Produktion neuer Bauelemente behandelt wird. Er beginnt mit einer Auflistung jener vier Mythen, die sich um die LENR ranken, und bringt dann Argumente gegen diese vor. Wie der Untertitel bereits verdeutlicht, liegt der Schwerpunkt des Artikels jedoch auf den LENR-Reaktoren. Egely schreibt: „Die Physik, wie sie in den vorangegangenen vier Teilen beschrieben wurde, kommt hier zum Tragen, weil LENR-Reaktoren ohne sie nicht verstanden, nicht

konstruiert und nicht betrieben werden können. Alle LENR-Reaktoren weisen ein gemeinsames Merkmal auf: Sie beruhen auf katalytischen Effekten. Die sorgfältige Konstruktion und der umsichtige Betrieb von LENR-Reaktoren eröffnen enorme Möglichkeiten zur Optimierung der Effekte bei der katalytischen Fusion, um so zu marktfähigen Produkten zu gelangen.“ Er verwies dabei auf drei Bereiche der LENR-Katalyse, und zwar „1. Die neutronenkatalysierte Fusion in einem Gitter: Metallgitterschwingungen, die durch die Rissbildung aufgrund von Wasserstoffdiffusion oder Wasserstoffkorrosion verursacht werden, führen zur Kernspaltung. Durch die Kernspaltung werden Neutronen freigesetzt, die an der Fusion teilnehmen. 2. Der rotierende geladene Staub als Katalysator: Bei der Staubfusion erzeugen rotierende, geladene Teilchen, die als Katalysator fungieren, elektrische, magnetische sowie Spinfelder. 3. Kondensierte Plasmoide und Plasmonen als Katalysator: Die durch Quasiteilchen katalysierte Fusion beruht auf der Kombination von Oberflächenplasmonen und kondensierten Plasmoiden. Diese werden ausschließlich in transienten Mikroentladungen des Plasmas gebildet, einem kaum erforschten Bereich der Plasmaphysik.“ Interessanterweise kommt Egely zu der Einschätzung, nach der die Rissbildung eine Voraussetzung für jene Versuche darstellt, die als gewöhnliche LENR-Experimente mit elektrochemischen oder anderen Beladungsmethoden bezeichnet werden könnten. Er stellt fest, dass sich das „fortlaufende Cracken nicht über Jahre aufrechterhalten lässt. Dies stellt den ultimativen Engpass bei diffusionsgesteuerten LENR-Reaktoren dar.“

Der Schwerpunkt von Teil 5A besteht in der Analyse zahlreicher unterschiedlicher Experimente zur Erzeugung von Wärme oder Kernreaktionsprodukten. Egely vertritt bezüglich des Wertes einiger dieser Experimente eine klare Meinung. Er befasst sich detailliert mit Experimenten, die sowohl Staubplasmen (Plasmen mit kleinen festen oder flüssigen Teilchen) als auch resonante Zustände beinhalten. Egely hat sich ausführlich und sukzessive mit beiden Bedingungen beschäftigt.

Den Teil 5B beginnt Egely mit folgender Kurzbeschreibung, welche den Inhalt zusammenfasst und in einen Kontext einordnet:

Während wir in Teil 5A hauptsächlich die auf Elektrolyse basierenden Reaktoren besprochen haben, die jahrzehntelang im Mittelpunkt der Forschung standen, haben wir es nun mit einem ganz neuen Forschungsfeld zu tun, nämlich den Reaktoren, die auf Staubplasmen basieren. In Teil 5B betreten wir ein weiteres neues Gebiet: LENR-Reaktoren auf der Basis von Quasiteilchen. Obwohl die Plasmonenpolaritonen und die kondensierten Plasmoide in allen vorangegangenen Teilen immer wieder angesprochen wurden, wollen wir uns nun ihren praktischen Anwendungen zuwenden. Dazu stellen wir zunächst die Landschaft der etablierten Forschung zu den transienten Plasmen vor. Dort weiß man, dass die Streamer von Korona- und Funkenentladungen schwere negative Quasiteilchen hervorbringen können. Allerdings wurde bisher noch nie der Versuch unternommen, diese für die katalytische Kernfusion nutzbar zu machen, ebenso wenig wie die chemischen Katalysatoren. Des Weiteren werden wir uns mit der Forschung im Zusammenhang mit Funken befassen, da es in diesem Bereich nachweislich zu Fusionseffekten kommt. Die meisten diesbezüglichen Ergebnisse wurden in von Fachleuten begutachteten Fachzeitschriften wie der Fusion Technology veröffentlicht. Die wichtigsten Ergebnisse stammen dabei aus den Beiträgen von Matsumoto, Karabut und Dufour. Die wichtigsten Patente wurden Shoulders erteilt. Entsprechende Ergebnisse wurden hauptsächlich in den 1990er Jahren veröffentlicht, dem „goldenen Zeitalter“ der LENR-Forschung.

Die Abhandlung beginnt mit einer kühnen Behauptung: „Bei der Wärmeerzeugung handelt es sich, ebenso wie bei der chemischen Energieerzeugung (Oxygas), um einen relativ einfachen LENR-Prozess. Bei anderen Prozessen, wie etwa der Erzeugung elektrischer Energie, sind zusätzliche Schritte erforderlich, um die erzeugte Überschussenergie einer Nutzung zuzuführen.“ Teil 5B enthält eine sehr nützliche Tabelle, in welcher die Charakteristika von einem Dutzend Demonstrationsexperimenten aus dem letzten Jahrhundert aufgeführt sind. Bei allen handelt es sich um Mikroentladungen mit unterschiedlichen Kathodendesigns, Hohlräumen und Plasmazusammensetzungen. Neun der aufgelisteten Geräte haben Elektrizität erzeugt, zwei haben mechanische Leistung abgegeben und eines hat das energiereiche chemische Oxygas produziert.

Der Teil 5C von Egely enthält viele Informationen über die direkte Stromerzeugung durch Kernreaktionen. Egely beginnt mit einer Zusammenfassung seiner Taxonomie der drei wichtigsten Mechanismen zur Realisierung von LENR:

Mechanismus 1 – Die Kernspaltung geschieht infolge von Rissen, welche durch Diffusion und Gitterschwingungen verursacht werden. Dabei handelt es sich um den grundlegenden Prozess, wie er sich in der auf der Elektrolyse basierenden Pons-Fleischmann-Zelle vollzieht. Eine italienische Gruppe unter der Leitung von Prof. Alberto Carpinteri hat hierzu entscheidende Versuche durchgeführt ...

Mechanismus 2 – Die Staubplasmafusion: also eine katalytische Fusion mittels rotierender, elektrisch geladener Staubteilchen. Es ist dieser Prozess, der die Energieerzeugung im gesamten Universum am Laufen hält – im dünnen Halo ebenso wie in der Korona der Sterne. Der Staub speist sich aus dem allgegenwärtigen interstellaren Staub geringer Dichte ...

Mechanismus 3 – Katalytische Fusion mittels Quasiteilchen. Eine wahrhaft disruptive Innovation im Bereich der erneuerbaren Energien, die von Quasiteilchen wie etwa kondensierten Plasmoiden und Plasmonen-Polaritonen getragen wird.

Es steht außer Frage, dass Egely davon überzeugt ist, dass die dritte Methode, also die der Bildung von Quasiteilchen im Zuge elektrischer Entladungen, für die direkte Erzeugung von Spannungen die größte Bedeutung hat. So schrieb er:

Die direkte Erzeugung von Elektrizität (ohne zwischengeschaltete Wärmekraftmaschine) stellt ein Gebiet dar, das von allen bisherigen LENR-Methoden weit entfernt liegt. Die Erfahrungen aus den Pons-Fleischmann-Zellen oder aus den Staubsplasmareaktoren sind hier kaum von Nutzen. Diese Fachgebiete liegen weit entfernt von den Grenzen der Lehrbücher zur Plasmaphysik, und auch voneinander. Daher erfordert die auf Funken basierende experimentelle Arbeit eine andere Ausstattung mit Hintergrundwissen und Know-how als all die anderen Felder von LENR.

Egely weist dabei auf einen interessanten Punkt hin, nämlich auf das Zusammensetzen eines in sich geschlossenen Bildes aus zusammenhanglosen Berichten. Darin liegt eine der größten Herausforderungen für das Verständnis von LENR. Dazu schrieb er: „Alle Erfindungen in diesem Bereich enthalten nur bruchstückhafte Informationen über ihre jeweiligen technischen Details. Die Lektüre dieser Berichte gleicht jedoch dem Lösen eines Kreuzworträtsels. Die Lösung wird sich nach und nach erschließen, wenn die fehlenden Informationen durch das Hinzufügen von Fragmenten aus anderen Erfindungen vervollständigt werden.“ Egely hat unzählige Berichte, Abhandlungen und Patente studiert, um sich diese „fehlenden Informationen“ zu beschaffen.

Von den älteren Forschungsarbeiten, die für Egelys aktuelle Entwicklung eines Stromverstärkers von größter Relevanz sind, sind dies in erster Linie jene des allseits bekannten Tesla sowie jene seines weitgehend unbekannten Kollegen Moray. Moray experimentierte mit einem sogenannten „Kristallradio“, einem selbstgebauten Radioempfänger, den jeder Bastler problemlos selbst zusammenbauen konnte. Die Hauptkomponente des Radios bestand in einer Diode, die in der Regel aus einem natürlichen Halbleitermineral, üblicherweise Bleiglanz (PbS), und einem feinen Draht (dem sogenannten „Cat's whisker“) besteht. Die Kunst bestand darin, den Draht an einer aktiven Stelle des Kristalls zu platzieren, um auf diese Weise eine „Gleichrichtung“ des von einer Antenne kommenden Signals zu erreichen, was für gewöhnlich auch gelang. Durch die Gleichrichtung wurden die wechselnden, hochfrequenten Trägerwellen des Funksignals eliminiert, so dass nur noch die gewünschten Schallwellen der niedrigeren Tonfrequenzen erhalten blieben. Moray hatte festgestellt, dass in seinen Kopfhörern eine Reihe von Klickgeräuschen zu vernehmen war, selbst wenn der Draht nicht in Kontakt mit dem Kristall stand. Egely führt dies auf das Auftreten von Entladungen in jenem kleinen Spalt zurück, in welchem Wasser (Feuchtigkeit) in der Luft aufgespalten wird, was zu einer Fusion und zu elektrischer Energie führt, die ausreicht, um im Kopfhörer wahrgenommen werden zu können. Sein Teil 5C dokumentiert Oszillogramme aus seinen Experimenten, die sich wie eine Folge von Klickgeräuschen anhören würde.

Mit Blick auf die beiden erfolgreichsten Experimentatoren hat Egely die folgenden Kommentare verfasst:

Alles in allem standen sowohl Tesla als auch Moray vor drei Problemen, und sie haben diese gelöst: 1. Die Bildung kondensierter Plasmoide durch eine effiziente Funkenentladung. 2. Die kondensierten Plasmoide dazu zu veranlassen, die Fusion von Wasserstoffkernen mittels transienter externer elektrischer Felder (vielleicht auch magnetischer Felder) zu katalysieren. 3. Das Einfangen energiereicher Elektronen, die von den kondensierten Plasmoiden in Form von elektrischer Spannung abgegeben werden.

Im Teil 5C wird jedes der drei Probleme ausführlich behandelt. Dabei wird verdeutlicht, dass die Verhaltensweisen bei der Produktion von energiereichen Elektronen auf die Fähigkeiten der nachgeschalteten Schaltkreise, diese einzufangen, abgestimmt werden müssen. Das Erfordernis eines (a) ordnungsgemäßen und (b) koordinierten Vorgehens in allen drei Schritten verdeutlicht die Herausforderungen bei der Entwicklung von Systemen zur Stromverstärkung mittels LENR-Energie.

Insgesamt stellt Teil 5C eine wertvolle Quelle dar, um Egelys Ansichten zur direkten Stromerzeugung aus LENR nachzuvollziehen und mit der Entwicklung entsprechender Prototypen zu beginnen.

In Egelys Teil 5D finden sich zu Beginn des Artikels eine Reihe von nützlichen Informationen, die eine sinnvolle Zusammenfassung der drei Inhaltskategorien ergeben:

1) Ein kurzer Abschnitt über „zweitrangige“ Erfindungen, zu denen noch weniger Informationen bezüglich der Konstruktions- und Betriebsparameter vorliegen. Obwohl in den letzten etwa 150 Jahren Hunderte solcher Erfindungen patentiert wurden, liegen diese allesamt in den Regalen der Patentämter begraben. 2) Mechanische Erfindungen auf der Basis kondensierter Plasmoide, welche durch den Dampf in der umgebenden Luft „angetrieben“ werden. Wie üblich ähneln diese funkenbasierten Rotationsgeräte alle den Wimhurstmaschinen – also den Influenzmaschinen. 3) Die Gesetze zur Ähnlichkeit unter den Entladungen werden kurz besprochen, weil sie für die Konstruktion von LENR-Reaktoren mit transienten Gasentladungen eine solide Grundlage bilden. Die Auffassungen und Überzeugungen von Erfindern einerseits und akademischen Forschern andererseits stehen zueinander in starkem Kontrast. Zwischen ihnen gibt es keine Kommunikation und keine „Brücke“. Die vergessenen Erfindungen sollten einen fruchtbaren Boden für die akademische Forschung abgeben. Doch selbst unter den akademischen Forschern existiert keine Kommunikation – so wurden die kondensierten Plasmoide beispielsweise mindestens achtmal entdeckt (und anschließend wieder vergessen).

Der Artikel beinhaltet zwei nützliche Tabellen. Die eine vergleicht die Merkmale von LENR, wie sie (a) durch die elektrochemische und thermische Beladung eines Gitters mit Wasserstoff, (b) durch rotierende geladene Staubpartikel in Plasmen und (c) durch die transiente Funkenbildung oder Mikroentladungen, welche kondensierte Plasmoide erzeugen, hervorgerufen werden. In der zweiten Tabelle werden die praktischen Vorteile und die wichtigsten Parameter von fünf Fusionsreaktortypen verglichen: die drei im vorigen Satz aufgeführten sowie die Trägheitsfusion und die magnetische heiße Fusion. Die direkte Stromerzeugung mittels der Energie aus LENR steht nicht im Mittelpunkt dieses Artikels.

- *Neueste Entwicklungen von Egely.* Ein von Egely auf der ICCF-24 gehaltener Vortrag fasst einige bemerkenswerte Ergebnisse zusammen. Dessen Zusammenfassung enthält die nachfolgenden Aussagen, wobei es sich bei COP um den Coefficient of Performance, also um den Energiegewinn handelt:

Es wird ein System vorgestellt, das aus drei Elementen besteht: (1) der gepulsten Eingangsspannung, (2) der Reaktorröhre, in der eine Funkenentladung in einem Gas mit einem Wasserstoffisotop zur Anwendung kommt, und (3) einem Schaltkreis zur Entnahme der Energie, bei dem es sich um eine Vorrichtung zur Impedanzanpassung handelt, ähnlich dem Getriebe in einem Auto. Der LENR-Prozess selbst verläuft im Zuge und im Anschluss an eine Funkenentladung. Aus finanziellen Gründen haben wir zunächst nur ein kleines System aufgebaut, bei dem der Eingangsstrom im μA -Bereich liegt und die Spannung 3 kV nicht überschreitet. Nach dem LENR-Prozess, wie er sich während der Funkenbildung vollzieht, erscheint die Ausgangsleistung in Form schneller Hochspannungsimpulse mit einer Spannung von bis zu 30 kV , was die digitale Datenerfassung beschränkt. Um verlässliche Leistungsbilanzdaten zu erhalten, fließen sowohl die Eingangs- als auch die Ausgangsimpulsströme über thermostatisierte ohmsche Widerstände. Auf diese Weise wird die über die Zeit gemittelte elektrische Eingangs- und Ausgangsleistung auf ganz konservative Weise per Kalorimetrie ermittelt. Dabei wird lediglich die von den Widerständen in Wärme umgewandelte elektrische Energie berücksichtigt – alle anderen Formen der Energieabgabe wie Wärme, Schall oder Licht wurden vernachlässigt. Normalerweise liegt der Wert für den COP zwischen Ausgang und Eingang bei 3 bis 4, allerdings konnten wir unter perfekten Resonanzbedingungen einen COP von bis zu 10 verzeichnen. Der Effekt tritt jedoch nur in einem störend engen Parameterbereich von Druck, Elektrodenabstand, Spannung, Entnahmemimpedanz und akustischer Plasmaresonanz auf.

Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Artikels stand noch kein Dokument zum Vortrag von Egely auf der ICCF-24 zur Verfügung. Ein Video dieses Vortrages findet sich jedoch auf YouTube.^[68] Es dient als Grundlage für eine detailliertere Zusammenfassung seiner Ausführungen, wie sie nachfolgend wiedergegeben wird. Das Schaltungsdiagramm von Egelys System ist Abbildung 22 zu entnehmen.

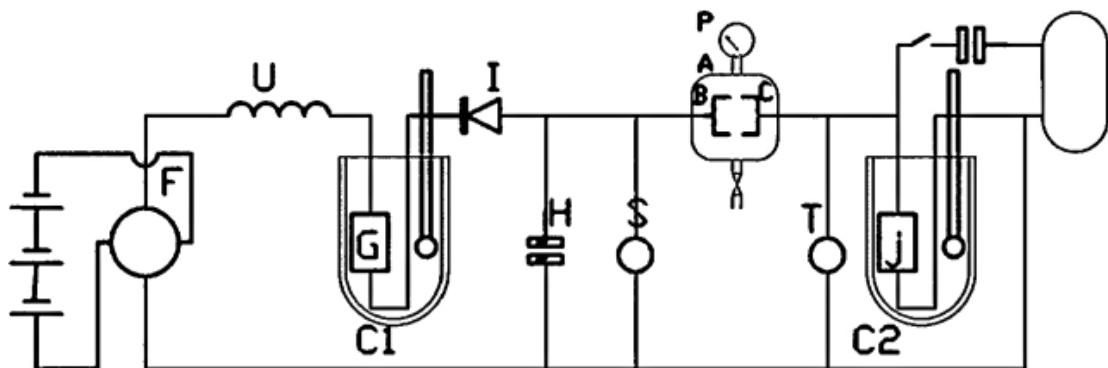


Abbildung 22. Schaltplan für den Ein- und Ausgang der Entladungsrohre, die unten einen Gaseingang und oben einen Druckmesser besitzt. Für Einzelheiten siehe den Text.

Die gepulste Eingangsspannung wird durch die Komponenten auf der linken Seite erzeugt. Die Reaktoröhre A mit ihren Elektroden B und C ist mit einem Manometer P an ihrer Oberseite und einem Gaseinlass mit Ventil an ihrer Unterseite dargestellt. Der Ausgangsteil der Schaltung und die als Oval dargestellte Last befinden sich auf der rechten Seite. Die beiden großen und einander ähnelnden Strukturen innerhalb des Schaltkreises sind das Kalorimeter zur Messung der Eingangsleistung (links) bzw. der Ausgangsleistung (rechts). Jedes Kalorimeter ist ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäß, das einen Widerstand (G bzw. J) und ein Thermometer enthält.

Die von Egely aufgezeichneten Wellenformen sind in Abbildung 23 dargestellt.

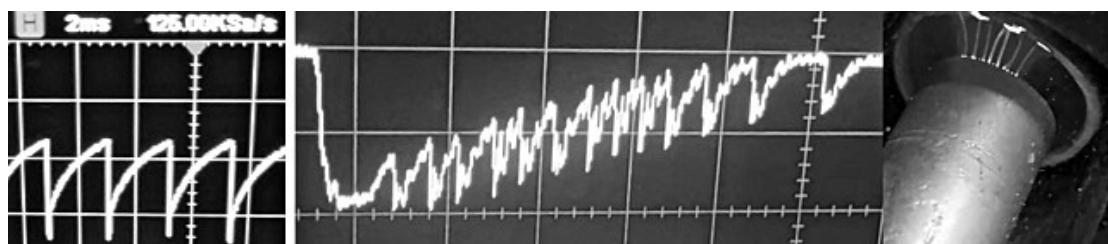


Abbildung 23. Links: Oszillosrogramm des Eingangs der Entladungsrohre, mit einer Zeitskala von 2 ms pro Unterteilung und einer vertikalen Skala von 1 kV pro Unterteilung. Mitte: Messkurve eines Ausgangsimpulses bei 0,5 ms und 1 kV pro Unterteilung. Rechts: Foto der Elektroden in der Entladungsrohre im laufenden Betrieb mit mehreren Entladungsbögen.

Die Eingangsspannung weist eine Sägezahnwellenform mit einer Länge von 2 ms auf. Die Wellenform der Ausgangsspannung entspricht in ihrem zeitlichen Verlauf der der Eingangsspannung, weist jedoch viele kurze (etwa 200 μ s lange) Spitzen auf, die die längere (etwa 2 ms lange) Wellenform überlagern. Es müssen daher diese blitzartigen Entladungen sein, wie sie in Abbildung 22 zwischen den Elektroden zu erkennen sind, welche die Quelle für die kleinen schnellen Spitzen der Ausgangsspannung bilden.

Das Video enthält die Bilder zweier Ausführungsformen von Egelys System, die in Abbildung 24 zu sehen sind.

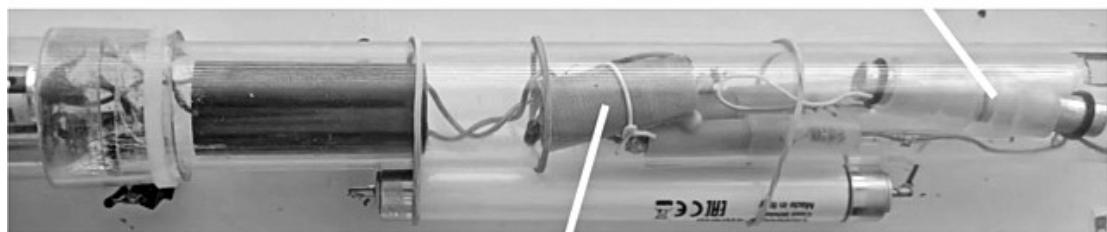
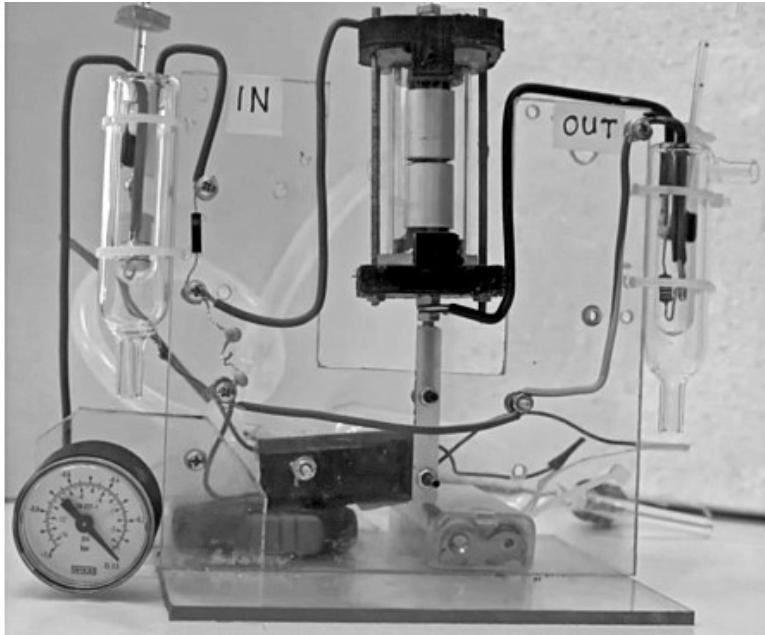


Abbildung 24. Oben: Experimentelle Version des Egely-Systems, mit Manometer und Elektronik im unteren Bereich, den beiden mit IN und OUT beschrifteten Kalorimetern und der Entladungsrohre in der oberen Mitte. Unten: Eine tragbare Version des Systems in einer Plastikröhre, mit drei nur teilweise abgebildeten Batterien auf der linken Seite, einem Hochspannungstransformator in Schwarz und einer Induktionsspule (markiert mit einer weißen Linie in der Mitte) über den beiden Kalorimetern, der Entladungsrohre auf der rechten Seite (markiert mit einer weißen Linie auf der rechten Seite) und einer Leuchtstoffröhre als Last an der Unterseite.

Oben ist eine Laborversion zu sehen, unten eine tragbare Version in einer Kunststoffröhre. Bei derartigen Systemen konnte ein Verhältnis von Leistung OUT zu Leistung IN in einem Bereich von 2 bis 20 erreicht werden, welches „per Rückführung“ noch höher ausfallen kann. Der Gewinn an elektrischer Leistung wird mit einer Mischung aus H₂- und D₂-Gas in der Entladungsrohre erzielt. Bei der Verwendung von trockener Luft oder von Helium kann das System keinen Gewinn an elektrischer Leistung erzielen.

In der Präsentation erklärte Egely, dass die auf die Fläche bezogene Leistungsdichte sich in der Größenordnung von MW pro mm² bewegt, obwohl nicht ganz klar ist, auf welcher Fläche dies gemessen wird. Möglicherweise sind es die Ränder der beiden Röhren, die als Elektroden fungieren, so wie im rechten Teil von Abbildung 23 zu sehen ist. Bedeutsam ist, dass die Leistung nicht gleichmäßig ausfällt, sondern aus Impulsen besteht, deren Breite in der Größenordnung von ns bis μs liegt, bei einem Tastverhältnis von 10^{-3} . Egely hat erklärt, dass es möglich sein wird, ein System von $1 \pm 0,5 \text{ kW}$ zu realisieren, von dem nur eine sehr geringe Wärmemenge abgegeben wird. Er schätzt, dass die Herstellungskosten für ein solches System bei etwa 100 Dollar pro kW liegen würden. Es wird darauf hingewiesen, dass die schnellen Impulse von mehreren 10 kV eine Anpassungsschaltung erforderlich machen würden, um Ausgangsleistungen bereitzustellen, die für die meisten elektrischen Geräte akzeptabel sind.

Egely ist der Ansicht, dass das Funktionieren des Systems auf die Bildung und die Wirkungsweise von Ladungsclustern zurückzuführen ist, wie sie bereits von Shoulders^[69] und Mesyats vorausgesagt wurden.^[70] Dabei zitierte er ein Buch von Raether^[71], in dem eine Grafik belegt, dass die Ladungscluster aus einhundert Millionen bis zu einigen Milliarden Elektronen bestehen. Des Weiteren erklärte Egely, dass er 40 Jahre dafür gebraucht hat, „herauszufinden, dass es sich um einen katalytischen Fusionsprozess handelt“. Er stellte fest, dass die stark negativen Cluster zu einer Beschleunigung der Protonen führen

und diesen mindestens jene zusätzlichen 780 keV verleihen, die zur Erzeugung von Neutronen erforderlich sind. Diese Reaktion entspricht der Umkehrung der weithin bekannten Zerfallsreaktion von Neutronen. Es ist unklar, woher das Elektron-Neutrino stammt, das als ein Teil des Inputs für die Reaktion der Neutronenproduktion vorausgesetzt wird. Die Sonne emittiert Neutrinos in großen Mengen^[72], doch reicht ihre Dichte auf der Erdoberfläche nicht aus, um im Labor hohe Raten von Kernreaktionen zu bewirken. Thermische Neutrinos werden in den Sternen erzeugt, nicht aber auf der Erde.^[73] Die erzeugten Neutronen können dann mit anderen Kernen in ihrer unmittelbaren Umgebung reagieren. So entsteht beispielsweise bei der Reaktion mit einem Proton das Deuterium, und bei einer Reaktion mit Deuterium wiederum das Tritium. Das Gesamtschema der Neutronenproduktion erinnert an die Überlegungen von Widom und Larsen^[74], auch wenn sich die physikalischen Mechanismen stark unterscheiden.

Ein neuseeländisches Unternehmen unternimmt gerade den Versuch, LENR-Generatoren auf der Grundlage von Egelys Prototypen auf den Markt zu bringen. Es handelt sich um die Gaia Energy Ltd.^[75] Die Website des Unternehmens vermittelt einen grafischen Eindruck davon, wie der Generator aussehen könnte. Er dürfte etwa „die Größe und das Gewicht eines handelsüblichen Druckers“ haben. Abbildung 25 zeigt eine bearbeitete Version des Entwurfs von der Website des Unternehmens.

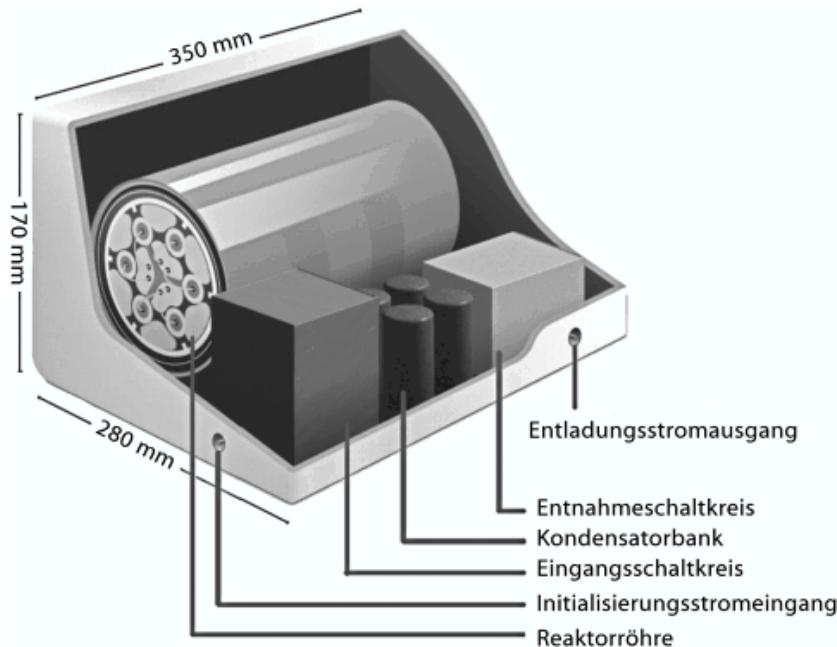


Abbildung 25. Grafik des geplanten LENR-basierten Batterieladegerätes der Gaia Energy.

Die elektrischen Schaltkreise für den Stromeingang und -ausgang befinden sich an der Vorderseite des Gehäuses. Vermutlich würde der „Entnahmeschaltkreis“ die erforderliche Modifizierung der Wellenform vornehmen, um einen nutzbaren Ausgangsstrom zu erzeugen. Die Schlüsselkomponenten, mehrere Entladungsröhren, befinden sich im Zylinder auf der Rückseite.

Das von Egely entwickelte System, von dem hier berichtet wird, bedarf ganz eindeutig in zweierlei Hinsicht unserer Aufmerksamkeit. Zum einen muss sein Prototyp einer unabhängigen Prüfung unterzogen werden. Derartige Tests gehören zur normalen Entwicklung dieser Technologie. Zum anderen muss das Gerät auf dem Markt eingeführt werden, was die Entwicklung, die Erprobung, die Überarbeitung, die erneute Erprobung und die Herstellung von Geräten für den Kunden einschließt. Eine solche Markteinführung umfasst viele Schritte, die in einem Artikel dieser Zeitschrift umrissen und erörtert wurden^[76].

6. Übersicht und Kommentare

Tabelle 3 liefert eine einfache tabellarische Zusammenfassung der Vorzüge und Herausforderungen der in diesem Beitrag besprochenen Geräte.

Technologie	Vorzüge	Herausforderungen
Fusionsdioden	Spontane Stromerzeugung von geringer Leistung in relativ einfachen Geräten	Erhöhung der Ausgangsleistung auf ein brauchbares Niveau und eine praxistaugliche Steuerung.
NANORsTM		
BioSearch-Geräte		
Gitterenergiekonverter		
Egely-System	Höhere Leistungen und hohe Verstärkungsfaktoren	Steuerung, Überprüfung und Vermarktung

Tabelle 3. Vergleich von LENR-Technologien zur direkten Stromerzeugung.

Man erkennt, dass die Geräte je nach Leistungsabgabe in zwei Hauptkategorien eingeordnet werden.

Die Untersuchung der Ergebnisse der verschiedenen Geräte hat einige allgemeine Merkmale erkennen lassen. Eines davon besteht darin, dass die Ausgangseigenschaften (Spannung, Stromstärke und Leistung) im Allgemeinen unberechenbar und unkontrollierbar sind. Hier besteht der eindeutige Bedarf nach einer Steuerung, welche die benötigten Leistungen für unterschiedliche Anwendungen gewährleistet. Die von Gordon und Whitehouse erörterte Skalierung der Ausgangsleistung von Geräten zur Direktumwandlung stellt für diesen Bereich ein weiteres Problem dar. Auch die Mechanismen, nach denen die verschiedenen Geräte zur Direktumwandlung funktionieren, müssen erst noch mit großer Gewissheit ermittelt werden. Wie bereits erwähnt, ist immer noch nicht geklärt, ob einige oder sogar alle Geräte zur Direktumwandlung einzig und allein auf Kernreaktionen, also auf LENR, beruhen. Es besteht immer noch die Besorgnis, dass einige der Leistungsfaktoren bei einigen Geräten womöglich auf chemische Reaktionen zurückzuführen sein könnten. Das erscheint zwar unwahrscheinlich, muss jedoch noch experimentell überprüft werden. Selbst wenn dies der Fall sein sollte, könnten sich solche Geräte ganz unabhängig von ihrem letztendlichen praktischen Potenzial für die wissenschaftliche Untersuchung von LENR als sehr nützlich erweisen.

Drei Dinge sind zum jetzigen Zeitpunkt sicher: (a) die meisten Geräte zur Direktumwandlung stehen vor einer ungewissen Zukunft, zumindest in praktischer, vielleicht sogar in wissenschaftlicher Hinsicht; (b) die Notwendigkeit von parametrischen Studien und der Einsatz zusätzlicher Instrumente, um eine solidere experimentelle Grundlage für das Verständnis der direkten Stromerzeugung durch LENR zu schaffen, und (c) spezifische Tests zu theoretischen Konzepten, z. B. zu den in den LENR-Geräten zum Tragen kommenden Wirkmechanismen. Sollten sich einige der Experimente zur direkten Stromerzeugung in der Praxis als vielversprechend erweisen, bedarf es einer ernsthaften technischen Planung, um sie zunächst zu Prototypen und dann zu fertigen Produkten zu entwickeln.

Danksagung

Hilfreiche Rückmeldungen zu Fragen und weitere Kommentare übermittelten Jean-Paul Biberian, Fabrice David, Louis DeChiaro, George Egely, Frank Gordon, Lindsay Newton, Alan Smith, Mitchell Swartz, Harper Whitehouse und Hang Zhang. Wir wissen ihre Unterstützung sehr zu schätzen.

Referenzen

1. electricalvoice.com/magneto-hydrodynamic-mhd-power-generation
2. en.wikipedia.org/wiki/Lorentz_force
3. en.wikipedia.org/wiki/Magnetohydrodynamic_generator
4. youtube.com/watch?v=4GJtGpvE1sQ
5. youtube.com/watch?v=HINfP3iywVl
6. en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_solar_cells
7. David, F. and Giles, J. 2008. „Self-Polarisation of Fusion Diodes: From Excess Energy to Energy“ in D. J. Nagel and M. E. Melich, Eds., *Proc. of ICCF14*, pp. 696-703.
8. David, F. 1991. „Device Allowing the Confinement in a Solid Phase of the Nuclei of Light Atoms“, French Patent [FR2662537A1](#).
9. David, F. 1996. „Method for Preparing TritiatedWaste with a View to Treatment and Treatment Device“, French Patent [FR2729249A1](#).

10. David, F. and Giles, J. 2009. „Self-Polarisation of Fusion Diodes: Nuclear Energy or Chemical Artefact?“ in V. Violante and F. Sarto, Eds., *Proc. 15th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science*.
11. David, F. and Giles, J. 2011. „Experimental Results with Solid State Fusion Diodes“, presented at 18th Russian Conference on Cold Nuclear Transmutations and Ball Lightning.
12. David, F. 2015. „Hydrogen Isotopes in Alloys: Hypotheses and Experiments“, presented at 11th International Workshop on Anomalies in Hydrogen Loaded Metals, Toulouse, France, October 15-16.
13. en.wikipedia.org/wiki/Clarendon_Laboratory
14. David, F. and Giles, J. 2018. „Alternatives to Calorimetry“, ICCF21, Fort Collins CO, youtube.com/watch?v=4T4vqr-Y0gg
15. David, F. and Giles, J. 2020. „Alternatives to Calorimetry“, *J. Condensed Matter Nuclear Science*, 31, 53-61.
16. David, F. 2021. „Direct Conversion: Replications“, 23rd International Conference on Condensed Matter Nuclear Science (ICCF23), Xiamen University, June.
17. David, F. 2021. „Direct Conversion: Replications“, 14th International Workshop on Anomalies in Hydrogen Loaded Metals, Assisi, August.
18. drive.google.com/file/d/10HhNuVRbHpvkGVnA3la_SkoIDYqhhbXO/view
19. kepleraerospace.com and youtube.com/watch?v=A1xJekqJfAw
20. virginiasesmi.com/?cont_uid=33&cat=22
21. Moon, D. D. 2006. „The Nucleovoltaic Cell“, in J.-P. Biberian, Ed., *Proc. of the 11th International Conference of Cold Fusion*, 868-870, World Scientific.
22. Swartz, M. R. 2019. „Aqueous and Nanostructured CF/LANR Systems Each Has Two Electrically Driven Modes“, *J. Condensed Matter Nuclear Science*, 29, 177-190.
23. youtube.com/watch?v=Jo78oavD-ho
24. Swartz, M. R., Verner, G. and Tolleson, J. 2012. „Energy Gain from Preloaded ZrO₂-PdNi-D Nanostructured CF/LANR Quantum Electronic Components“, presented at ICCF17 and available from coldfusionnow.org/tag/hydrogen-fuel
25. Yamaura, S. I. et al. 2002. „Hydrogen absorption of nanoscale Pd particles embedded in ZrO₂ matrix prepared from Zr-Pd amorphous alloys“, *Journal of Materials Research*, 17, 6, 1329-34.
26. Zum Beispiel: Swartz, M. R. and Hagelstein, P. L. 2014. „Demonstration of Energy Gain from a Preloaded ZrO₂-PdD Nanostructured CF/LANR Quantum Electronic Device at MIT“, *J. Condensed Matter Nuclear Science*, 13, 516-527.
27. Swartz, M. R. and Verner, G. 2022. „Direct Electricity Production from NANOR®-type ZrO₂-PdNiD Components Using Ultrasound.“
28. Swartz, M. R. and Entenmann, C. E. 2010. „Direct Electricity from LANR Nanostructured NANOR Devices“, 2010 Colloquium on LANR at MIT, Cambridge, MA; Swartz, M. R. and Entenmann, C. E. 2011. „Direct Electricity Production from Anisotropic ZrO₂/PdNiD Nanostructured Devices Using Ultrasonic Irradiation“, National Meeting 241st American Chemical Society National Meeting, Anaheim, CA.
29. Swartz, M. R. 2018. „Increase of an Anti-Stokes Peak at the Cathode of an Electrically Driven, Active Aqueous Nickel/H₂O/Pt System“, *J. Condensed Matter Nuclear Science*, 27, 22-29.
30. David, F. lenr-forum.com/forum/user-post-list/866-fabrice-david/?pageNo=4
31. Gordon, F. E. and Whitehouse, H. J. 2020. „Lattice Energy Converter (LEC)“, presentation at Low Energy Nuclear Reactions Symposium, French Society for Nuclear Science in Condensed Matter, November 21; presentation at Symposium to honor M. Srinivasan (January 2021); youtube.com/watch?v=J4dzTWY_aWM; *J. Condensed Matter Nuclear Science*, 35, pp. 30-48 (2022).
32. Gordon, F. E. and Whitehouse, H. J. 2022. „Lattice Energy Conversion Device“, [U.S. Patent 11,232,880 B2](https://uspto.gov/patent/11,232,880), January 25.
33. Gordon, F. E. and Whitehouse, H. J. 2021. „Lattice Energy Converter“, presented at ICCF23, ikkem.com/iccf23/PPT/Invited%20Gordon%20ICCF%202023%20LEC%20T5.MP4
34. Gordon, F. E. and Whitehouse, H. J. 2022. „Lattice Energy Converter II: Iron Hydrogen Host Material“, *J. Condensed Matter Nuclear Science*, 36, 1-24.
35. Darrow, K. K. 1932. *Electrical Phenomena in Gases*, The Williams & Wilkins Co.
36. Gordon, F. E. and Whitehouse, H. J. 2022. „Increasing the Output of the Lattice Energy Converter“, presented at ICCF24, youtube.com/watch?v=MPquGUxvZ1g&t=69s
37. Gordon, F. E. 2022. Private Communications.
38. Gordon, F. E. and Whitehouse, H. J. 2022. „Lattice Energy Converter (LEC) Update“, youtube.com/watch?v=yOKIGKVHkl.

39. Lilley, M. and Smith, A. 2022. „The „LEC Effect““, in 15th International Workshop on Anomalies in Hydrogen Loaded Metals and Clean Hydrogen Metal Energy (IWAHLM15).
40. Gordon, F. E. and Whitehouse, H. J. 2020. „Lattice Energy Converter (LEC)“, French Society for Nuclear Science in Condensed Matter, Low Energy Nuclear Reactions Symposium.
41. DiStefano, A. (aka J. Stevenson). „Successful Replication of a LEC Device“, at lenr-forum.com/attachment/17858-lecreplication-report-pdf
42. Zhang, H. 2022. „Collected Results of First Tests of Lattice Energy Converter (LEC)“, unpublished report.
43. Image invideo by F. E. Gordon and H. J. Whitehouse, 2021, Lattice Energy Converter (LEC), youtube.com/watch?v=J4dzTWY_aWM
44. Biberian, J.-P. 2021. „Direct Electrical Power Generation with Palladium and Iron in a Hydrogen Atmosphere“, IWAHLM14, youtube.com/watch?v=fUsKv1af1DQ
45. Biberian, J.-P. and Ginestet, J.-P. 2022. „Lattice Energy Conversion Replication“, youtube.com/watch?v=pjbt0EP5oHw
46. DiStefano, A. 2022. „Experimental Observation on the Lattice Energy Converter“, presented at ICCF24, youtube.com/watch?v=hjkNBxzRYUE
47. Smith, A. and Lilley, M. 2021. „Anomalous Electrical Output from Room-Temperature Reactors“, IWAHLM14, <https://www.lenrforum.com/attachment/18631-assisi-iwahlm-2021-presentationfinal-pdf>
48. Smith, A. 2022. „The LEC Device: Exploring the Parameter Space“, 15th International Workshop on Anomalies in Hydrogen Loaded Metals and Clean Hydrogen Metal Energy (IWAHLM15).
49. Zhang, H. 2022. „Collected Results of First Tests of Lattice Energy Converter (LEC)“, Posting #1435 on lenr-forum.com, October 14.
50. Erickson, G. A. 2022. Draft Abstract to ICCF24.
51. Nagel, D. J. 2022. Unpublished.
52. highpressurepipefittings.com.brass-fittings.html and highpressurepipefittings.com/copper-fittings.html
53. David, F. 2021. „Direct Conversion: Replications“, presented at ICCF23, and Brandenburg, J. E. and David, F. 2021. „Solid-State Fusion Diodes: Preliminary Results“, presented at ICCF24.
54. en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell#/media/File:Solid_oxide_fuel_cell_protonic.svg
55. en.wikipedia.org/wiki/Proton-exchange_membrane
56. Nagel, D. J. 2008. „Powers, Materials and Radiations from Low Energy Nuclear Reactions on Surfaces“, *Proceedings of ICCF13*, Y. Bazhutov, Ed., Publisher Center MATI, 739-755; Nagel, D. J. 2008. „The Intersection of Low Energy Nuclear Reactions with Nanometer-Scale Science, Technology and Engineering“, *Infinite Energy*, 14, 79, 12-20.
57. Zhang, H. 2022. LENR-Forum.com posting on October 15.
58. Collie, J. N. et al. 1914. „The Production of Helium and Neon by Electrical Discharge“, *Proceedings of the Royal Society of London*, A91, 3-45; and Thompson, J. J. 1913. „On the Appearance of Helium and Neon in Vacuum Tubes“, *Nature*, 90, 2259, 645-647.
59. condensed-plasmoids.com
60. en.wikipedia.org/wiki/Quasiparticle
61. en.wikipedia.org/wiki/ATP_synthase
62. en.wikipedia.org/wiki/Teleportation
63. timesofindia.indiatimes.com/what-is-the-hutchison-effect/articleshow/2128619.cms und youtube.com/watch?v=Lx7LQzXWhfg
64. en.wikipedia.org/wiki/Aether_theories
65. en.wikipedia.org/wiki/Plasmoid#cite_note-bostick1956-8
66. Bostick, W. H. 1956. „Experimental Study of Ionized Matter Projected across a Magnetic Field“, *Physical Review*, 104, 292-299.
67. Jaitner, L. 2019. „The Physics of Condensed Plasmoids (CPs) and Low-Energy Nuclear Reactions (LENR)“, condensed-plasmoids.com
68. youtube.com/watch?v=SiZO3R1SAtI&t=390s
69. Shoulders, K. 1991. „Energy Conversion Using High Charge Density“, U.S. Patent 5,018,180, May 21.
70. Mesyats, G. A. and Proskurovsky, D. I. 1989. *Pulsed Electrical Discharge in Vacuum*, Springer-Verlag.
71. Raether, H. 1964. *Electron Avalanches and Breakdown in Gases*, Butterworths.
72. https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_neutrino
73. physics.stackexchange.com/questions/636750/whatcauses-neutrino-thermal-radiation

74. Widom, A. and Larsen, L. 2006. „Ultra Low Momentum Neutron Catalyzed Nuclear Reactions on Metallic Hydride Surfaces“, *The European Physical Journal*, 46, 107-111, DOI:10.1140/epjc/s2006-02479-8.
75. gaiaelogyz.com
76. Nagel, D. J. 2015. „Questions About Lattice Enabled Nuclear Reactions: Engineering, Commercialization and Applications“, *Infinite Energy*, 20, 120, 18-38.

Über den Autor

David J. Nagel ist Forschungsprofessor an der George Washington University und beschäftigt sich seit 1989 mit LENR.

* E-Mail: nagel@gwu.edu

Abgerufen von „https://lenr.wiki/index.php?title=Die_direkte_Erzeugung_von_elektrischer_Energie_aus_LENTR&oldid=6976“

Diese Seite wurde zuletzt am 30. August 2024 um 14:33 Uhr bearbeitet.