

Preliminary survey on cold fusion: It's not pathological science and may require revision of nuclear theory



Ein vorläufiger Überblick zur Kalten Fusion: Sie stellt keine pathologische Wissenschaft dar und erfordert möglicherweise eine Überarbeitung der Kernphysik

Journal of
**Electroanalytical
Chemistry**

Journal of Electroanalytical Chemistry, 903 (2021) 115871

Luciano Ondir Freire (luciano.ondir@gmail.com) / Delvonei Alves de Andrade:

Preliminary survey on cold fusion: It's not pathological science and may require revision of nuclear theory

[Zum Original-Onlineartikel](#)

15. Dezember 2021

Die Schwerpunkte

- Nach drei Jahrzehnten ist das Forschungsgebiet der „Kalten Fusion“ durch Tausende von Veröffentlichungen noch immer sehr lebendig.
- Die [Kernreaktionen](#) erweisen sich in [Festkörpern](#), verglichen mit der einfachen [Kernfusion](#), als wesentlich komplexer.
- Darüber hinaus erfordern sie offenbar energiereiche Auslösefaktoren, wie sie beispielsweise die [Hintergrundstrahlung](#) bietet.
- Das Forschungsgebiet entspricht nicht dem Muster einer pathologischen Wissenschaft.
- Das Forschungsgebiet besitzt das Potenzial, [disruptive Technologien](#) hervorzubringen.

Zusammenfassung

Seit der Verkündung der „Kalten Fusion“ durch [Stanley Pons](#) und [Martin Fleischmann](#) im Jahr 1989 ist das Gebiet der „Kalten Fusion“ von Kontroversen geprägt. Auch nach drei Jahrzehnten ist dieses Forschungsgebiet noch immer lebendig und kann auf Tausende von Veröffentlichungen verweisen, die meisten davon in Fachzeitschriften und auf Konferenzen. Das Hauptziel dieser Studie besteht darin, zu untersuchen, ob die „Kalte Fusion“ jene Merkmale aufweist, die für eine pathologische Wissenschaft charakteristisch sind. In dieser Studie wurden die Ergebnisse der verschiedenen Forschungsgruppen (klassifiziert nach Erfolg oder Misserfolg) für jede Kategorie von Experimenten und für jedes Jahr erfasst. Die experimentellen Ergebnisse vieler Forschergruppen deuten darauf hin, dass die [Kernreaktionen](#) in [Festkörpern](#) eine höhere Komplexität aufweisen als jene der [Kernfusion](#) (es handelt sich hier eben nicht nur um eine einfache Fusion) und darauf, dass sie einen [energetischen](#) Auslöser benötigen, wie ihn beispielsweise die [Hintergrundstrahlung](#) mit sich bringt. Das bedeutet aber auch, dass [chemische](#) Konfigurationen für sich allein genommen nicht in der Lage zu sein scheinen, Kernreaktionen hervorzurufen. Einige Experimenttypen weisen eine zunehmende Tendenz auf



(der Forschungsbereich entspricht nicht dem Muster einer pathologischen Wissenschaft) und besitzen das Potenzial, [disruptive Technologien](#) hervorzubringen. Sollten sich bestimmte experimentelle Ergebnisse bestätigen, würde dies die Überarbeitung bisher anerkannter Modelle des Atomkerns erforderlich machen.

1. Einführung

Bevor wir auf die historischen und technischen Aspekte der Kalten Fusion eingehen, müssen einige Begriffe geklärt werden. Die [Kernfusion](#) stellt eine natürliche [Kernreaktion](#) dar, wie sie sich in den Sternen vollzieht und bei der aus zwei kleineren [Atomkernen](#) ein größerer Atomkern entsteht. Bei den leichten Isotopen verläuft diese Reaktion exotherm, und im Gegensatz zur [Kernspaltung](#), bei der Elemente verwendet werden, die im [Universum](#) eher selten vorkommen, bedient sich die Kernfusion der am häufigsten vorkommenden Elemente, also des [Wasserstoffs](#) und des [Lithiums](#). Die aktuelle Wissenschaft weiß nur von jener [Fusion](#), die unter extrem hohen Temperaturen erfolgt, wie sie in den Sternen herrschen, denn die [Coulombschen Abstoßungskräfte](#) lassen sich nur unter erheblichem Energieaufwand überwinden. Und dennoch gilt die Kernfusion als Wunschtraum, denn mit ihrer Hilfe ließe sich aus reichlich vorhandenen Ressourcen kostengünstige Energie gewinnen, selbst wenn dafür große und komplexe Maschinen benötigt würden, um die Temperaturen und die [Strahlung](#) zu beherrschen. Ein weiterer Vorteil liegt in der Vermeidung radioaktiver Rückstände, da ein Fusionsreaktor neben der [Neutronen-](#) und der [Gammastrahlung](#) lediglich Heliumatome erzeugen würde. Ein noch radikalerer Traum besteht darin, einen Weg zu beschreiten, auf dem die [Fusionsreaktionen](#) ablaufen, ohne dass die [Materie](#) hierfür auf stellare Temperaturen gebracht werden muss, was wiederum den Einsatz von einfacheren Anlagen ermöglichen würde. Auch wenn die notwendige [Strahlungsabschirmung](#) den Einsatz auf solch große Maschinen wie den Antrieb von [Containerschiffen](#) beschränken würde, könnte eine [Technologie](#), welche die Fusion bei Temperaturen unterhalb des [Schmelzpunktes](#) von [Hochtemperaturlegierungen](#) ermöglicht, Energie wesentlich billiger machen. Der goldene Traum besteht nun darin, über saubere Kernfusionsreaktionen zu verfügen, die frei sind von Neutronen- und Gammastrahlen, so dass selbst kleine Aggregate, wie zum Beispiel LKW-Motoren, ohne [chemische Brennstoffe](#) auskommen würden.

Dieser goldene Traum trägt die Bezeichnung „Kalte Fusion“, und seine Verwirklichung würde – optimistisch betrachtet – der Menschheit eine neue Ära des Wohlstandes eröffnen, denn saubere Energie wäre dann für jedermann in großen Mengen verfügbar. „Kalt“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine Möglichkeit gefunden werden muss, Kernreaktionen hervorzurufen, ohne dass die Atome dazu auf Millionen von Grad Kelvin aufgeheizt werden müssen, beispielsweise durch eine bestimmte chemische Struktur. Und „Fusion“ bedeutet, dass es sich bei den Kernreaktionen um die Verschmelzung von kleinen [Atomkernen](#) ([Wasserstoff](#), [Deuterium](#), [Tritium](#)) zu größeren Atomen, wie etwa Helium, handelt. Daher bedeutet „Kalte Fusion“, dass eine Methode (chemisch, [Kavitation](#), biologisch, [magnetisch](#), [elektrisch](#) usw.) zum Einsatz kommt, mit der die [Wasserstoffisotope](#) zusammengebracht werden. Dieser Traum trägt auch andere Namen, so etwa Low Energy Nuclear Reactions (LENR) oder auch Anomalous Heat Effect (AHE). Weitere vergleichbare, aber konzeptionell unterschiedliche Konzepte lauten Lattice Assisted Nuclear Reactions (LANR), was bedeutet, dass die Kernreaktionen in einem Metall ablaufen, aber nicht notwendigerweise „kalt“ sind, da hier zur Aufheizung einzelner Atome auch [Strahlung](#) eingesetzt wird. Außerdem muss es sich nicht unbedingt um [Kernfusion](#) handeln, sondern kann auch eine andere Form von Kernreaktion beinhalten, wie beispielsweise den [Alphazerfall](#), die [Oppenheimer-Phillips-Stripping-Reaktionen](#) oder auch [Kernspaltungsreaktionen](#). Vergleichbar mit LANR ist die [Lattice Confinement Fusion](#) (LCF).

Eine düstere Perspektive könnte zumindest kurzfristig darin bestehen, dass eine derartige Technologie einen wahren Albtraum an technologischen Zerrüttungen mit sich bringt, der viele Unternehmen in den Konkurs treibt und zu Massenarbeitslosigkeit führt. In Ländern, die eine solche Technologie einführen, würden die Lebenshaltungskosten sinken, doch auch die industrielle Produktion würde sinken, was in den Nachzüglerländern möglicherweise zu massenhaften Unternehmenspleiten, Steuermindereinnahmen, Arbeitslosigkeit und bis hin zu sozialen Unruhen führen würde. Das wirtschaftliche Ungleichgewicht würde zu einem militärischen Ungleichgewicht führen, da militärische Anwendungen wesentlich schneller aufkommen würden als zivile Anwendungen. Ein solches Ungleichgewicht könnte sogar die derzeitige nukleare Abschreckung gegenstandslos werden lassen, da es möglich würde, Schiffe mit Hochleistungswaffen auszurüsten. Der Start von Satelliten könnte so kostengünstig werden, dass Länder mit dem Bau von orbitalen Festungen beginnen könnten, welche mit Hochleistungslasern ausgestattet sind und in der Lage wären, den Einsatz von ballistischen Raketen zu unterbinden. Ein wirtschaftliches und militärisches Ungleichgewicht wiederum könnte Kriege und Revolutionen nach sich ziehen.

Da beide Sichtweisen gleichermaßen extrem ausfallen, angesichts ihres theoretischen Potenzials aber zugleich realistisch sind, führt die „Kalte Fusion“ zwangsläufig zu Kontroversen, und dies in stärkerem Maße als bei anderen [disruptiven Technologien](#), deren disruptives Potenzial nicht so offen zutage tritt. Da die Möglichkeiten dieser Technologie derart gigantisch sind, befürchten die Wissenschaftler aus verwandten

Disziplinen (z. B. der [Heißen Fusion](#)), dass ihre Forschungsgebiete an Priorität und an Forschungsgeldern verlieren könnten, so dass es hier potenziell zu einem Interessenkonflikt kommt. Da in diesem Geschäft sehr viel auf dem Spiel steht, neigen die Menschen dazu, entweder an etwas zu glauben oder es zu leugnen, es zu lieben oder zu hassen – und die Wahrheit liegt dann vielleicht doch ganz woanders.

[Stanley Pons](#) und [Martin Fleischmann](#) verkündeten im Jahr 1989, dass sie in einer [elektrolytischen Zelle Kernreaktionen](#) hervorgerufen haben, was bedeutet hätte, dass die Verwirklichung des oben erwähnten „goldenen Traums“ kurz bevorstand. Nach einer kurzen Phase der Aufregung entwickelte sich das Thema zu einer Kontroverse, und die Presse betitelte das Phänomen als „Kalte Fusion“. Einige Forschergruppen konnten die aufgestellten Behauptungen nicht bestätigen, andere wiederum konnten sie zumindest in Teilen bestätigen. Tatsache aber ist, dass keine von ihnen in der Lage war, brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Andererseits hatte man faszinierende Dinge nachgewiesen, die jedoch nicht mit den etablierten wissenschaftlichen Konzepten in Übereinstimmung zu bringen waren und von den Wissenschaftlern des Mainstreams daher als Fehler deklariert wurden.

Tatsächlich liegen Berichte vor, in denen über Initiativen auf diesem Gebiet berichtet wird, die schon vor 1989 zustande gekommen waren, wie z. B. jene von [Ivan Stepanovich Filimonenko](#), der ein Gerät zur Energieerzeugung entwickelt hat, bei dem ein Metallrohr mit einem Durchmesser von 41 mm und einer Länge von 700 mm auf 1150 °C erhitzt wird. Dieses Gerät verwendete schweres Wasser und eine Legierung, die Palladium enthält. Das Projekt wurde in den späten 1950er Jahren begonnen, und im Jahr 1962 hatte Filimonenko dann die Erfindung „Verfahren und Vorrichtung zur thermischen Emission“ eingereicht. Doch die staatliche Patentbehörde lehnte es ab, weil sie der Meinung war, dass eine Kernfusion niemals bei niedrigen Temperaturen stattfinden könne. Dennoch erhielt Filimonenko Unterstützung für den Bau eines Prototyps, der zwar erfolgreich zum Laufen gebracht werden konnte, doch im Jahr 1968 wurde die Forschung wegen „politischer Illoyalität“ eingestellt. Später, im Jahr 1989, wurde sie wieder aufgenommen, doch nur um im Jahr 1990 mit dem Zusammenbruch der Sowjetunion wieder eingestellt zu werden.^[1]

[Speri](#)^[2] hatte bereits ein Patent auf die Heliumproduktion aus Kohlenwasserstofffunken beantragt, seine Erfindung aber nicht einem größeren Publikum zugänglich gemacht^[3]. [Jones](#) und weitere Forscher^[4] präsentierten ebenfalls [Neutronen](#) aus [deutერიertem Titan](#), allerdings in einem viel geringeren Umfang als [Fleischmann](#) und [Pons](#)^[5]. Die meisten Forschungsgruppen haben die weitere Forschung aufgegeben, nachdem sie in Experimenten, die in der Regel über vier Wochen liefen, keine Ergebnisse erzielen konnten. Andere Gruppen, wie etwa die [NASA](#)^[6] und [Oak Ridge](#)^[7], gaben nach Teilerfolgen ebenfalls auf. Die meisten Wissenschaftler vertraten seit 1989 den Standpunkt, dass die „Kalte Fusion“ eine „pathologische Wissenschaft“ darstelle, so auch [Huizenga](#)^[8], und begründeten dies mit drei Fakten:

1. – Die Unmöglichkeit, die [Coulombbarriere](#) zu überwinden.
2. – Das abnormale Verzweungsverhältnis zwischen den Pfaden von [Tritium](#) und [Helium-3](#), was zu einer geringen Anzahl von [Neutronen](#) führt.
3. – Das Fehlen von [Strahlung](#), wie etwa [Gamma-](#) oder [Röntgenstrahlung](#).

Nur wenige Forschungsgruppen hatten ihre Arbeit fortgesetzt, da es schwierig geworden war, die Forschungsergebnisse zu veröffentlichen – und jene Forscher, die weitergemacht hatten, wurden von der Mainstreamwissenschaft praktisch ausgegrenzt. Die Zeitschrift [Fusion Technology](#) hat bis in das Jahr 2001, als [George Miley](#) in den Ruhestand gegangen ist, immer wieder begutachtete Aufsätze veröffentlicht. Nachdem [Shanahan](#)^[9] auf einige mögliche Fehler in der Kalorimetrie hingewiesen hatte, gab es außerhalb des Fachgebietes nur noch wenige Autoren, die Kritik geübt oder unabhängige Tests mit negativen Ergebnissen durchgeführt haben. Obwohl die Studien auf diesem Forschungsgebiet zu widersprüchlichen Ergebnissen kommen, sind sich die meisten Autoren heutzutage darüber einig, dass es tatsächlich zu einem Wärmeüberschuss kommt, selbst wenn die erwartete Menge an [Neutronen](#) ausbleibt.

Um es kurz zu machen, die Kalte Fusion hat zwei Hauptprobleme: eine nur partiell vorhandene [Replizierbarkeit](#) und ein Mangel an überzeugenden Erklärungen. Für den unvoreingenommenen Leser stellt sich jedoch eine grundlegende Frage: Entsprechen die Behauptungen auf dem Gebiet der Kalten Fusion der Realität? Wenn sich auch nur ein Teil der Behauptungen als real erweisen sollte, liegt es angesichts der Vorteile der „Kalten Fusion“ auf der Hand, dass unverzüglich in diesen Bereich investiert werden muss – bevor es zu spät ist. Sollte es sich jedoch um pathologische Wissenschaft handeln, muss vermieden werden, dass in diesem Forschungsbereich Ressourcen verschwendet werden. Von daher konzentriert sich die vorliegende Studie darauf, Fakten über die Forschung im Bereich der „Kalten Fusion“ zu liefern und einige Trends in diesem Forschungsbereich aufzuzeigen, um auf diesem Wege zu klären, ob die Kriterien einer „pathologischen Wissenschaft“ erfüllt sind.

Eingeführt wurde der Begriff der „pathologischen Wissenschaft“ von Irving Langmuir im Rahmen eines Kolloquiums am Knolls Research Laboratory im Jahr 1953. Die Autoren haben sich für Langmuirs Kriterien einer pathologischen Wissenschaft entschieden, weil diese sehr einfach gehalten und auf die experimentelle Forschung anwendbar sind, indem sie sich auf die Praxis konzentrieren. Die Kriterien, wie sie beispielsweise von Carl Sagan und Michael Shermer entwickelt und von Storms^[10] untersucht wurden, sind auf Theorien und Konzeptionen ausgerichtet. Im Bereich der Kalten Fusion führen viele Autoren einfach nur ihre Experimente durch und präsentieren unerwartete Ergebnisse, ohne eine Erklärung dafür zu liefern. Daher eignen sich die Kriterien von Langmuir für die vorliegende Literatur wesentlich besser.

Die Autoren haben selbst nie experimentell gearbeitet und können somit auch nicht behaupten, dass irgendeiner dieser Typen von „Kaltfusionsexperimenten“ tatsächlich zu positiven Ergebnissen führt. Nach Irving Langmuir weist das Phänomen der „pathologischen Wissenschaft“ folgende Merkmale auf:

- a. Ein Verursacher von kaum nachweisbarer Intensität bewirkt einen beobachteten maximalen Effekt, dessen Ausmaß im Grunde unabhängig ist von der Intensität der Verursachung.
- b. Der Effekt bleibt nahe an der Nachweisbarkeitsgrenze, oder es sind zahlreiche Messungen erforderlich, weil die statistische Signifikanz der Ergebnisse äußerst gering ist.
- c. Es werden Behauptungen bezüglich einer großen Genauigkeit formuliert.
- d. Es werden fantasievolle Theorien aufgestellt, die im Widerspruch zur Erfahrung stehen.
- e. Einer Kritik wird mit spontanen Ausflüchten begegnet.
- f. Der Anteil der Anhänger steigt im Verhältnis zu dem der Kritiker zunächst an, sinkt dann aber kontinuierlich bis zur Bedeutungslosigkeit ab.

2. Die Grundannahmen

In diesem Abschnitt werden eine Reihe von Grundannahmen aufgestellt, um diese Studie für die wissenschaftliche Gemeinschaft anwendbar zu machen:

1. – Experimentelle Ergebnisse müssen nicht mit aktuellen Modellen im Einklang stehen: Die Aufgabe der Wissenschaftler besteht darin, Modelle zu entwickeln, die mit der Realität übereinstimmen, und nicht darin, experimentelle Ergebnisse zu widerlegen.
2. – Es kommt bei Experimenten regelmäßig zu Fehlern, so dass sich die gewonnenen Informationen nur dann als zuverlässig erweisen, wenn sie von mehreren Personen oder Gruppen bestätigt werden.
3. – Es gibt einen sogenannten Bestätigungsfehler, der darin besteht, dass eine große Anzahl von Ergebnissen von einer einzigen Person oder Gruppe nicht geeignet ist, die Zuverlässigkeit der Information insgesamt zu erhöhen.
4. – Es existieren nichtdeterministische Phänomene, was bedeutet, dass es bei ein und demselben Experiment zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann, so dass viele Versuche vorgenommen werden müssen, um eine statistisch signifikante Aussage über das Phänomen zu erhalten.
5. – Sowohl der Erfolg als auch das Scheitern eines Experimentes stellen eine subjektive Entscheidung dar, und die vorliegende Studie gibt somit lediglich die subjektive Meinung von Forschergruppen wieder, nicht aber das, was die Autoren dieser Studie für die objektive Wahrheit halten.
6. – Langmuirs Kriterien für das Pathologische sind im vorliegenden Fall am besten geeignet, da sie auf die experimentelle Wissenschaft ausgerichtet sind. Und die vorliegende Studie legt ihren Fokus auf den experimentellen Teil des Forschungsgebietes „Kalte Fusion“.
7. – Alle berichteten Misserfolge stammen von Nichtanhängern und alle berichteten Erfolge von Anhängern.

3. Die Vorgehensweise

1. Die Abbildung 1 veranschaulicht, in welchen Schritten in dieser Studie die Kriterien nach Langmuir zur Anwendung gebracht wurden:

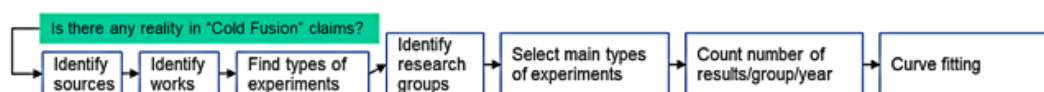


Abbildung 1. Grafische Darstellung der zur Anwendung gekommenen Vorgehensweise

2. Identifizierung der für das Fachgebiet maßgeblichen Informationsquellen.
3. Identifizierung der in diesem oder in vergleichbaren Fachgebieten bisher durchgeführten Untersuchungen.
4. Durchsicht der experimentellen Arbeiten zwecks Identifizierung wesentlicher Experimenttypen, welche sich über die Zeit herausgebildet haben.

5. Identifizierung der Forschungsgruppen, welche mit den jeweiligen Forschungsarbeiten befasst sind.
6. Bestimmung der wesentlichen Experimenttypen, da deren Gesamtzahl zu groß ist, um in einem einzigen Artikel vorgestellt werden zu können. Darüber hinaus können nur wenige von ihnen durch unabhängige Forschungsgruppen bestätigt werden.
7. Zu jedem Experimenttyp wird die Anzahl der jährlichen Ergebnisse pro Forschungsgruppe aufgeführt, aufgeteilt in zwei Kategorien: Bestätigung des Nachweises einer Kernreaktion für den jeweiligen Experimenttyp bzw. Nichtbestätigung eines Nachweises einer Kernreaktion. Als Erfolgskriterien haben die Autoren nicht nur einen Wärmeüberschuss, sondern auch jegliche Hinweise auf [Kernreaktionen](#) wie etwa geladene Teilchen, [Elementtransmutationen](#), isotopische Veränderungen im Vergleich zur natürlichen Verteilung, [Gammastrahlung](#), [Neutronenstrahlung](#), [Hochfrequenz](#), [Hot Spots](#) oder auch Mikroexplosionen berücksichtigt.
8. Bestimmung einer Trendlinie mittels der linearen Kurvenanpassung nach dem Verfahren der kleinsten Quadrate über die jährliche Anzahl von erfolgreichen Experimenten seitens der Forschungsgruppen zur objektiven Feststellung eines Auf- oder Abschwungs des jeweiligen Teilgebietes (eines der Merkmale einer pathologischen Wissenschaft nach Langmuir), obgleich sich das Interesse an einem Teilgebiet auch dann verringern kann, wenn es sich nicht um pathologische Wissenschaft handelt. Beispielsweise kann ein bestimmter Effekt durchaus real existieren, sich aber als unbrauchbar erweisen, oder ein anderes Teilgebiet gewinnt an Attraktivität, oder es sind keine weiteren Fragen offengeblieben, oder eine Fortsetzung der Forschung erweist sich als zu teuer. Kommt es jedoch dazu, dass eines der Teilgebiete expandiert oder dass Produkte auf dem Markt erscheinen, in denen die Erkenntnisse des Teilgebietes Anwendung finden, wird die Kalte Fusion wahrscheinlich nicht länger als eine pathologische Wissenschaft betrachtet.

4. Der Ablauf

4.1. Die Identifizierung der für das Fachgebiet maßgeblichen Informationsquellen

Die aktuellsten Forschungsergebnisse werden im Journal of Condensed Matter Nuclear Science (JCMNS) veröffentlicht, dessen Bände unter ismns.org/publications/jcmns/volumes verfügbar sind. Die Website lenr-canr.org bietet interessante Materialien, darunter die meisten Tagungsberichte der International Conference on Cold Fusion (ICCF). Das American Institute of Physics hat 1990 einen Bericht über eine Konferenz über anomale Nukleareffekte in Deuterium/Festkörpersystemen veröffentlicht (AIP 228). In Indien gibt es ein Forschungszentrum in Trombay (Bhabha Atomic Research Center - BARC), das zahlreiche Veröffentlichungen auf diesem Gebiet inklusive vieler erfolgreicher Experimente hervorgebracht hat. Viele davon sind in einem einzigen Band unter dem Titel „BARC-1500“ zusammengefasst und unter lenr-canr.org/wordpress/?page_id=463 verfügbar. Die Zeitschrift [Fusion Technology](#) veröffentlichte, nachdem George Miley in den Ruhestand gegangen war, zwischen 1989 und 2000 zahlreiche Artikel. Darüber hinaus erlangten die historischen Artikel, in denen über das Scheitern von Replikationen der Phänomene der Kalten Fusion berichtet wurde, besondere Aufmerksamkeit. Viele Zeitschriftenartikel zur Kalten Fusion mussten unberücksichtigt bleiben, da die Autoren einen Großteil dieser Artikel nicht mehr ausfindig machen konnten. Die Autoren haben auch Artikel aus der Bibliothek von LENR-CANR.ORG einbezogen, die etwa 4737 Beiträge enthält, darunter Zeitschriftenartikel, Zeitungsartikel und Interviews. In der vorliegenden Studie wurden jedoch nur Zeitschriften- und Konferenzartikel berücksichtigt, in denen aktuelle empirische Ergebnisse vorgestellt werden.

Es haben auch zahlreiche Konferenzen unter dem Titel „International Workshop on Anomalies in Hydrogen/Deuterium Loaded Metals“ stattgefunden, doch auch hier konnten die Autoren die meisten diesbezüglichen Tagungsberichte nicht mehr ausfindig machen – mit Ausnahme jener für den 8. (PDF-Datei) und den 12. Workshop. Auch andere Quellen, wie etwa die Bücher „Cold Fusion: The History of Research in Italy“ und „Low-Energy Nuclear Reactions Sourcebook“ wurden ebenfalls einbezogen.

Ebenso war es unmöglich, sämtliche Veröffentlichungen ausfindig zu machen und in die Auswertung einzubeziehen, weil die Autoren diese schlichtweg nicht mehr aufreiben konnten oder diese in anderen Sprachen, wie etwa Russisch oder Japanisch, verfasst waren. Immerhin haben die Autoren noch die Links zu den herunterladbaren Tagungsberichten der Tagungen der Japan Cold Fusion (JCF) Society, angefangen bei der JCF-4 bis hin zur JCF-20, auf der Website jcfrs.org/proc_jcf.html vorgefunden. Die Tagungsberichte der russischen Konferenz über die kalte Kerntransmutation chemischer Elemente und Kugelblitze (verfügbar unter lenr.seplm.ru) wurden in die Analyse mit einbezogen, mit Ausnahme der 23. Konferenz (nicht auffindbar). Gleichwohl scheint die vorliegende Studie die Mehrzahl der Forschergruppen und vielleicht auch die Mehrzahl der wichtigen Experimente zu umfassen, welche in mehr als einer Veröffentlichung aufgeführt zu sein scheinen.

Die Autoren haben außerdem auch jene Artikel überprüft, die sich in mehr als einer Datenbank wiedergefunden haben, um so doppelt vorhandene Einträge zu reduzieren, und sie haben eine Messmethode gewählt (Anzahl der Forschungsgruppen anstelle der Anzahl der Artikel), die sich im Hinblick auf doppelte Einträge (und auf verschiedene Veröffentlichungen für ein und dasselbe Experiment) als robust erweist.

4.2. Die Identifizierung der in diesem oder in vergleichbaren Fachgebieten bisher durchgeführten Untersuchungen

In einer Tabelle wurden Tausende von Artikeln mit dem Autor, dem Titel, dem Erscheinungsjahr und der Forschungsgruppe erfasst. Diese Datenbank bildete dann die Grundlage für die weitere Analyse. Vernachlässigt wurden bei dieser Analyse jedoch Artikel, in denen theoretische Modelle vorgeschlagen oder Experimente zu angrenzenden nichtnuklearen Aspekten, wie etwa der Metallurgie, der Löslichkeit von Deuterium oder der Leitfähigkeit, vorgestellt wurden.

4.3. Durchsicht der experimentellen Arbeiten zwecks Identifizierung der Experimenttypen, welche sich über die Zeit herausgebildet haben

Im Laufe der Zeit haben sich die Experimente immer stärker ausdifferenziert, angefangen mit den Palladium-Deuterium- und den Titan-Deuterium-Systemen bis hin zu den Nickel-Wasserstoff-, Wolfram-Wasserstoff- und Palladium-Wasserstoff-Systemen. Es erfolgten auch Untersuchungen zu anderen Experimenttypen, wie der kavitationsinduzierten Fusion, der Piezofusion, explodierenden Drähten und biologischen Transmutationen. Zu einem bestimmten System entstanden im Laufe der Zeit zahlreiche Experimentuntertypen, angefangen bei der Elektrolyse und der Gasbeladung bis hin zur Glimmentladung, der Plasmaelektrolyse und der Hochdruckgasbeladung. Darüber hinaus stehen für einen bestimmten Experimentuntertyp zahlreiche Auslösemethoden zur Verfügung, um so eine Verbesserung bei der Wiederholbarkeit zu erreichen, z. B. die Anwendung von Lasern, Magnetfeldern, elektrischen Feldern, von Röntgenstrahlung, Gammastrahlung, Neutronenstrahlung, von Druckveränderungen, Temperaturveränderungen, Veränderungen beim elektrischen Strom, der Co-Abscheidung (Co-Deposition) und von Nanopartikeln.

4.4. Die Identifizierung der Forschungsgruppen, welche mit den jeweiligen Forschungsarbeiten befasst sind

Ein Großteil der tausend Arbeiten wurde von einigen Hundert Forschungsgruppen erstellt, die auf diesem Gebiet eine kontinuierliche wissenschaftliche Arbeit geleistet haben. In Anbetracht dessen, dass immer von einem Bestätigungsfehler ausgegangen werden muss, ist es von grundlegender Bedeutung zu wissen, wie viele unabhängige Forschungsgruppen einen Erfolg oder einen Misserfolg bezüglich ihres Nachweises von Kernreaktionen für jeden einzelnen Experimenttyp berichtet haben. Jeder Forscher, der noch nie zuvor einen Beitrag zur „Kalten Fusion“ veröffentlicht hat, wird einer bereits bestehenden Forschungsgruppe zugeordnet, sofern einer der Mitautoren bereits einen Beitrag auf diesem Fachgebiet veröffentlicht hat. Hat keiner der Autoren bisher etwas veröffentlicht, wird eine neue Gruppe erstellt. Sollten mehrere Autoren an mehr als einer bereits bestehenden Gruppe beteiligt sein, wird davon ausgegangen, dass die Arbeit der Gruppe des Erstautors zuzuordnen ist (damit wird jede Arbeit nur einer einzigen Gruppe zugeordnet).

4.5. Die Bestimmung der wesentlichen Experimenttypen

Die Vielfalt der Experimente ist derart umfangreich, dass eine detaillierte Analyse jedes Untertyps und darüber hinaus für jeden Untertyp auch noch die Analyse der einzelnen Auslösemethoden den Rahmen eines solchen Aufsatzes sprengen würde. Die Autoren sind daher der Meinung, dass es für einen Leser abseits des Fachgebietes – und der stellt gegenwärtig die überwiegende Mehrheit dar – von großem Nutzen wäre, für jeden Experimenttyp eine separate Analyse zu erstellen. Selbst für Fachleute kann eine solche Analyse im Hinblick auf eine zielgerichtete Forschungsstrategie von Bedeutung sein. Zum einen besteht die Möglichkeit,

die Experimente nach ihrer Materialkombination zu klassifizieren, z. B. [Palladium-Deuterium](#) oder [Titan-Deuterium](#). Jede Materialkombination kann wiederum in zahlreiche Untertypen unterteilt werden, etwa [Elektrolyse](#), [Glimmentladung](#) oder Gasbeladung. In dieser Studie werden diese Untertypen jedoch vernachlässigt, um einem Leser, der sich auf diesem Gebiet nicht auskennt, keine übermäßige Komplexität zuzumuten. Es gibt auch einige Experimenttypen, die nicht an ein bestimmtes Material gebunden sind, wie etwa die Kavitation, die Piezofusion und die Nutzung biologischer Organismen zur Auslösung von [Kernreaktionen](#). Bei diesen Verfahren scheint keine Abhängigkeit von einem bestimmten Material zu bestehen, so dass diese Verfahren in der vorliegenden Studie als Teilgebiete behandelt wurden, anhand derer ein Trend erkennbar wird. Daher werden in dieser Studie ausschließlich Analysen für folgende Experimenttypen vorgestellt: Palladium-Deuterium, Titan-Deuterium, [Nickel-Wasserstoff](#), [Wolfram-Wasserstoff](#), Kavitation, Piezofusion und [Biologie](#).

4.6. Die Darstellung der über die Zeit eingetretenen Entwicklung der im Fachgebiet tätigen Forschungsgruppen nach Experimenttyp

In dieser Studie wurden für jeden Experimenttyp und für jedes Jahr die verschiedenen Forschungsgruppen erfasst, welche positive Ergebnisse veröffentlicht haben (d. h. zumindest zum Teil den Nachweis von [Kernreaktionen](#) erbracht haben, die von den derzeit anerkannten Modellen nicht vorhergesagt werden), und die Forschungsgruppen, die negative Ergebnisse veröffentlicht haben (d. h. keinen Nachweis nuklearer Anomalien). Bei dieser Zählung wurden die Meinungen der Autoren der einzelnen Artikel berücksichtigt und nicht die präsentierten Daten. So erklärten Fralick und andere^[6], dass es zu keinen Kernreaktionen gekommen sei, da sie keine Neutronen gemessen haben, obwohl die Daten einen anomalen Wärmeüberschuss ausweisen. In der vorliegenden Studie wird dieser Artikel aus dem Jahr 1989 als negatives Ergebnis gewertet, obwohl die Daten ein positives Ergebnis belegen, welches die Ergebnisse anderer Forschergruppen bezüglich der [Neutronenstrahlung](#) nahe des Hintergrundniveaus bestätigt. Die objektive Wahrheit sieht nun so aus, dass dieselbe Forschungsgruppe eine neuere Arbeit^[11] vorgelegt hat, in der nukleare [Transmutationen](#) in jenen Geräten nachgewiesen wurden, welche in den Experimenten von 1989 zur Anwendung gekommen waren – was vom Standpunkt der objektiven Wahrheit aus gesehen bedeutet, dass beide Experimente offenbar als positiv zu bewerten sind. Allerdings gibt diese Studie, wie in Grundannahme 5 beschrieben, die subjektive Meinung wieder, wie sie in der Schlussfolgerung des betreffenden Aufsatzes zum Ausdruck kommt, und nicht die Analyse der Rohdaten der einzelnen Forschungsgruppen.

Bei der Erhebung wurde für jeden Experimenttyp und für jedes Ergebnis (erfolgreich oder erfolglos) nur eine Arbeit je Forschungsgruppe und Jahr erfasst, da die Forschungsgruppen dazu neigen, ein und dasselbe Experiment mehrmals zu veröffentlichen, z. B. auf zwei verschiedenen Konferenzen und in einer Zeitschrift. Hat ein Team im selben Jahr zwei verschiedene Experimente durchgeführt, wurde das zweite Experiment mit demselben Ergebnistyp (erfolgreich oder erfolglos) nicht berücksichtigt. Wenn eine Forschungsgruppe hingegen ein Experiment durchgeführt und die Daten über drei Jahre veröffentlicht hat, wurde diese Arbeit für jedes einzelne Jahr gezählt.

5. Die Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden nun die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsschritte vorgestellt. Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt 5249 Veröffentlichungen erfasst, darunter Konferenzbeiträge, Konferenzpräsentationen, Zeitschriftenartikel und Patente. Bei 2202 davon handelt es sich um experimentelle Forschungsarbeiten, in denen über die Ergebnisse von Experimenten berichtet wird, von denen 1921 erfolgreich und 281 erfolglos verliefen.

Insgesamt bestehen 375 verschiedene Forschungsgruppen, an denen insgesamt 3460 Forscher beteiligt sind. Zwischen den Forschungsgruppen findet durchaus auch eine gewisse Zusammenarbeit statt, doch ist diese eher die Ausnahme – der Großteil der Forschungsarbeit erfolgt innerhalb isoliert voneinander agierender Forschungsgruppen.

5.1. Systeme mit Nuklidkombinationen (Metall plus Wasserstoffisotop)

5.1.1. Das Palladium-Deuterium-System

Der beliebteste Experimententyp ist das [Palladium-Deuterium](#)-System, dessen Entwicklung in Abbildung 2 dargestellt ist, worin über die Jahre ein allmählicher Rückgang der Anzahl der Forschungsgruppen zu erkennen ist (wie die Trendlinie es aufzeigt). Man kann erkennen, dass lediglich im Jahr 1989 die erfolglosen Gruppen in der Überzahl waren, und dass die erfolglosen Experimente dann jedoch immer seltener wurden. Erklärungen für diese Tatsache könnten folgende sein:

- Die Forscher, die sich in diesem Teilgebiet engagierten, hatten gelernt, wie die [Replizierbarkeit](#) verbessert werden kann und andere Forschergruppen darüber unterrichtet.
- Eine bestimmte Gruppe von Forschern wurde „durch subjektive Effekte, durch Wunschdenken oder durch Interaktionen im Grenzbereich zu inkorrekten Ergebnissen verleitet“, und hat ihre Ergebnisse dennoch weiterhin veröffentlicht.

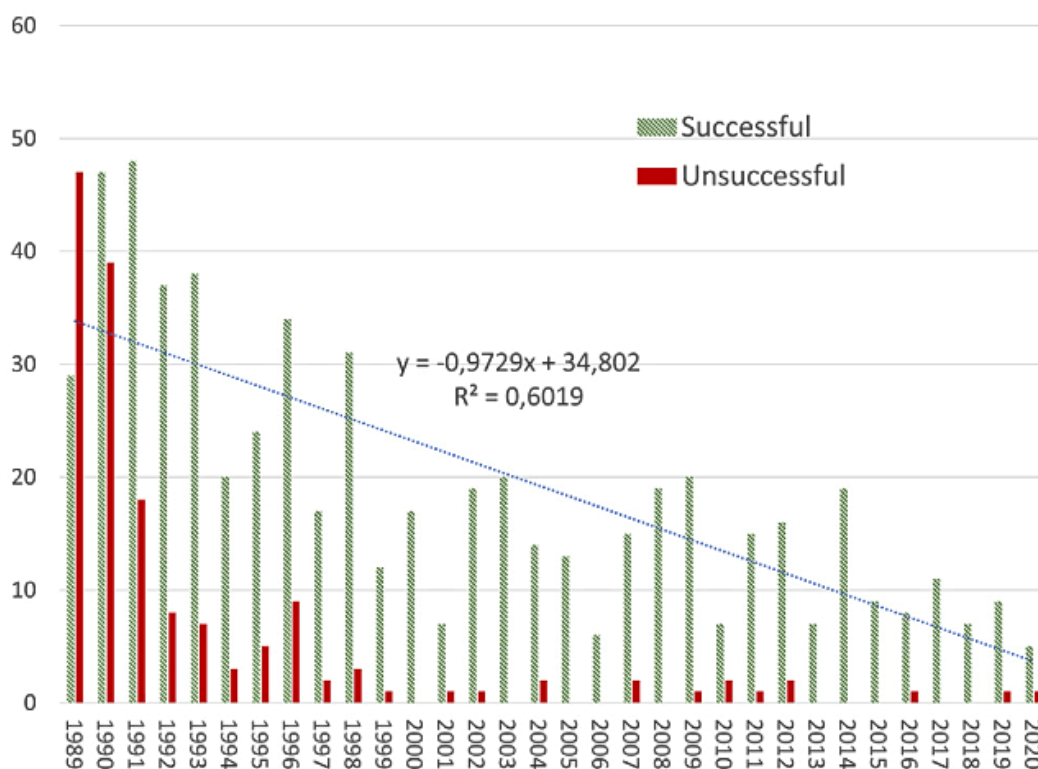


Abbildung 2. Ergebnisse der Palladium-Deuterium-Systeme

Dieses Teilgebiet umfasst eine Vielzahl von Experimenten, einschließlich der [Glimmentladung](#), der [Elektrolyse](#), der Gasbeladung und des [Ionenstrahls](#), ist aber nicht auf diese beschränkt. Ein wichtiger Beitrag zu diesem System stellt die Forschungsarbeit der Gruppe um Irina Savvatimova^[12] dar, die eine Glimmentladung in einer [Deuterium](#)-Niederdruckatmosphäre unter Verwendung von [Palladiumkathoden](#) vorgenommen hat. Sie stellten Überschusswärme fest, außerdem die [Transmutation](#) von [Palladium](#) und Deuterium in eine Reihe von [Nukliden](#) mit [Ordnungszahlen](#), die sowohl kleiner als auch größer als die des Palladiums sind, ferner [Röntgenstrahlung](#) sowie eine merkwürdige Strahlung, die auf [Röntgenfilmen](#) erstaunliche Spuren hinterlässt.

Auch wenn die Anzahl der Experimente abnimmt – die Ergebnisse werden immer [replizierbarer](#) und aussagekräftiger, liefern große Mengen an Überschusswärme und belegen einen erkennbaren Fortschritt bei der Beherrschung dieses Palladium-Deuterium-Systems^[13].

5.1.2. Das Titan-Deuterium-System

Ein weiteres beliebtes System war das mit [Titan](#) und [Deuterium](#), welches im Laufe der Zeit aber immer weniger Beachtung fand (siehe Abbildung 3), obwohl bereits seit einigen Jahren Neutronengeneratoren zur Verfügung stehen, die auf der Deuterium-Deuterium-[Fusion](#) innerhalb eines Titangitters basieren^[14]. Interessant ist dabei, dass neuere Forschungsarbeiten aus dem Bereich der „Kalten Fusion“ bei diesem System tatsächlich eine Verstärkung der Fusionsreaktionen in [Metallgittern](#) festgestellt haben^[15]. Es herrscht also ein offensichtliches Paradoxon: Trotz Bestätigungen und praktischer Anwendungen verlieren Titan-Deuterium-Systeme in der Gemeinschaft der „Kalten Fusion“ an Attraktivität. Wichtige Beiträge lieferten hierzu insbesondere die Forschungsarbeiten der Gruppe um Steven Jones^[4] sowie der Gruppe um Urutskoev^[16].

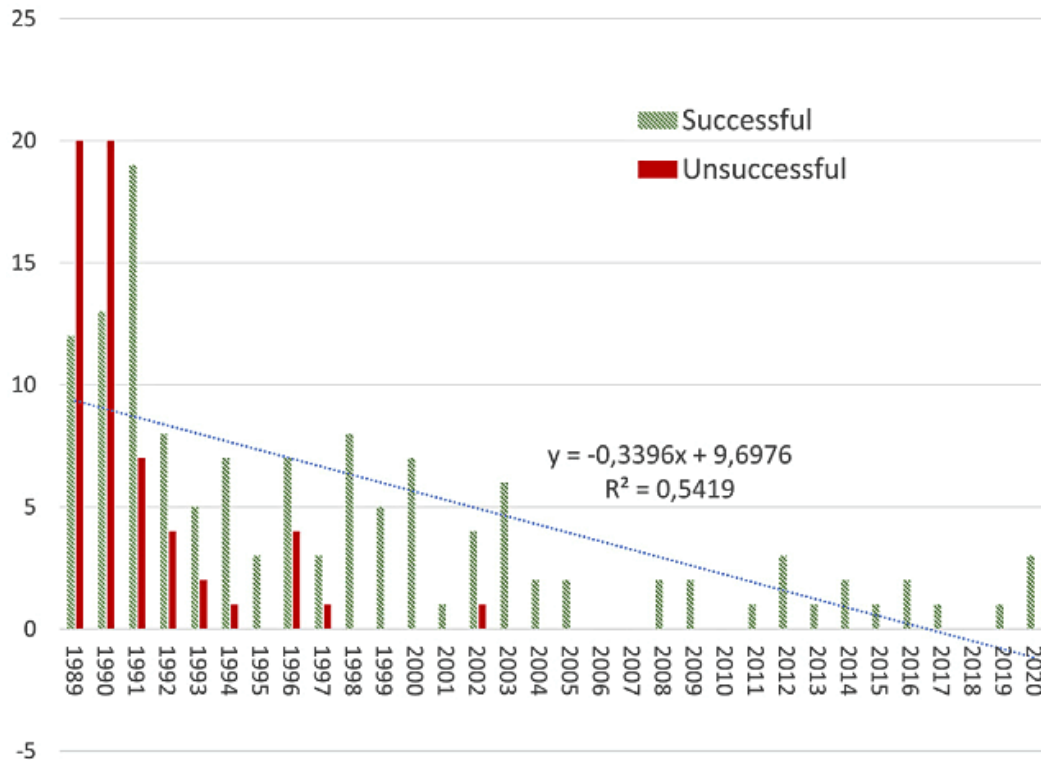


Abbildung 3. Ergebnisse der Titan-Deuterium-Systeme

5.1.3. Das Nickel-Wasserstoff-System

Ein offensichtlich aufstrebender Experimenttyp ist das [Nickel-Wasserstoff](#)-System, das 1990 eingeführt wurde und im Laufe der Zeit eine immer größere Verbreitung gefunden hat, wie in Abbildung 4 dargestellt. Die Autoren berichten von einer besonders guten [Replizierbarkeit](#) sowie von einer im Vergleich zu anderen Systemen höheren [Energieausbeute](#) – für Systeme dieser Art bestehen in Europa zahlreiche Patente. Dieses Teilgebiet scheint derzeit das populärste zu sein und weist das stärkste Wachstum bei der Anzahl der teilnehmenden Forschungsgruppen auf, die derzeit 70 umfasst. Etwa 52 Forschungsgruppen davon berichteten bei der Erzielung [anomaler Kernreaktionen](#) ausschließlich über Erfolge, 10 über eine Mischung aus Erfolgen und Misserfolgen und 8 ausschließlich über Misserfolge. Vielleicht sind es ja die geringeren Materialkosten, die große Wärmeentwicklung und die größere Replizierbarkeit dieses Typs, die die Forschungsgruppen dazu bewegen, die Forschung an den Palladium-Deuterium- und an den Titan-Deuterium-Systemen aufzugeben.

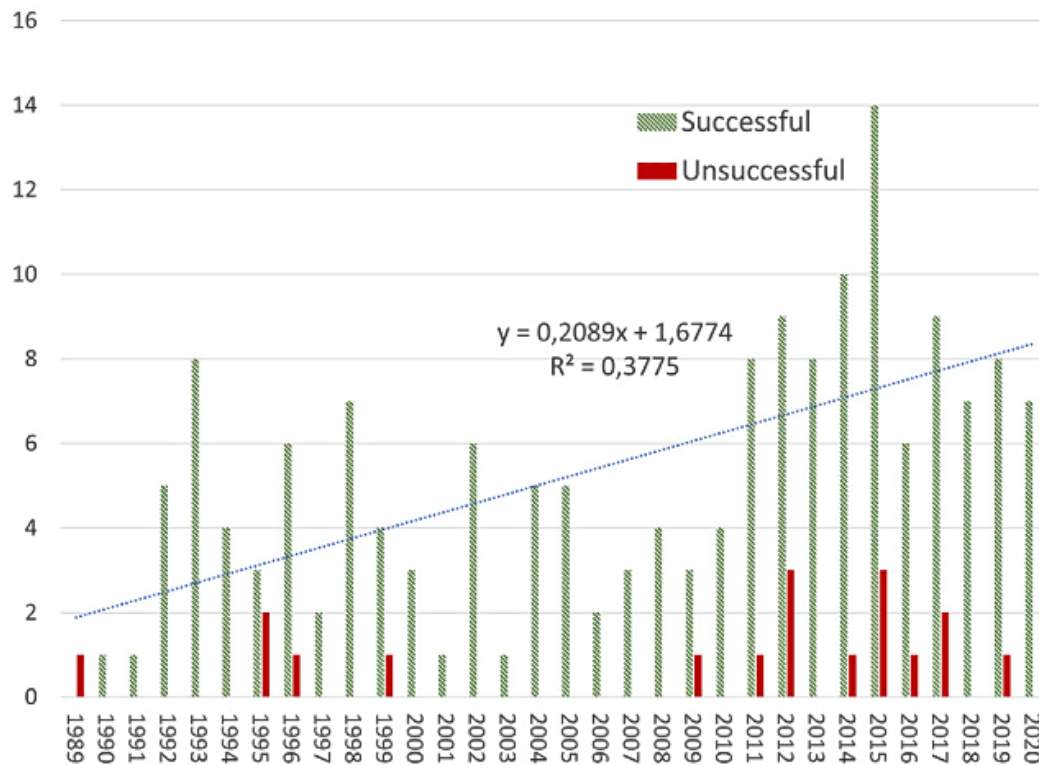


Abbildung 4. Ergebnisse der Nickel-Wasserstoff-Systeme

5.1.4. Das Wolfram-Wasserstoff-System

Das Wolfram-Wasserstoff-System, ein weiteres, weniger erforschtes, dafür aber wachsendes Teilgebiet, ist ebenfalls noch recht jung, so wie in Abbildung 5 gezeigt. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 13 verschiedene Forschungsgruppen ermittelt, die entsprechende Forschungsergebnisse vorgelegt haben, darunter lediglich 3 gescheiterte Experimente bezüglich der Erzielung von [Kernreaktionen](#). Dabei ist zu beachten, dass dieselbe Forschungsgruppe, die im Jahr 2005 einen Fehlschlag vermeldet hatte, in den Jahren 2006, 2007 und 2009 drei erfolgreiche Experimente präsentieren konnte. Von daher finden sich in der Literatur zwar Berichte über fehlgeschlagene Versuche, doch im Rahmen der vorliegenden Studie wurde lediglich eine einzige Forschergruppe ermittelt, die in diesem Teilgebiet ausschließlich über Misserfolge zu berichten hatte.

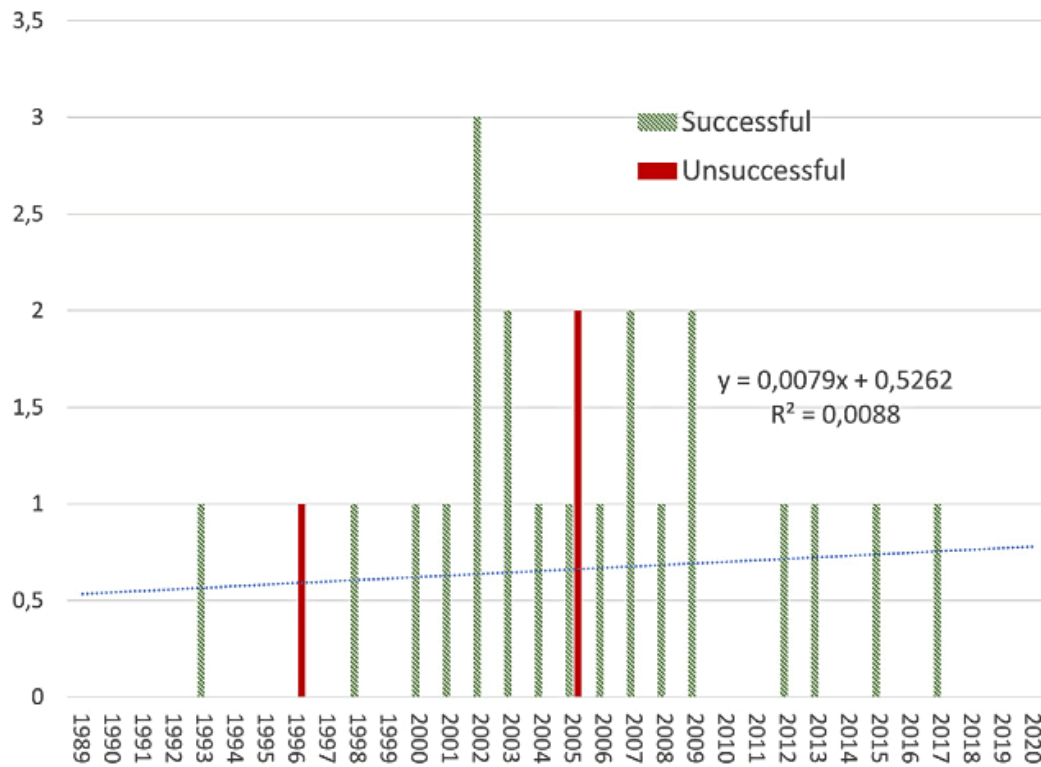


Abbildung 5. Ergebnisse der Wolfram-Wasserstoff-Systeme

5.1.5. Die Kohlenstoff- und Wasserstoff/Deuterium-Systeme

Die Autoren haben auch acht Forschungsteams ermittelt, die Ergebnisse zu Kohlenstoff- und [Wasserstoff/Deuterium](#)-Isotopen vorgelegt haben, obwohl sich dieser Bereich im Laufe der Zeit entweder stabilisiert oder aufgelöst hat, ohne dass es hierfür einen bestimmten Trend gegeben hat. In Abbildung 6 finden sich die Experimente zur Gasbeladung, zu Ionenstrahlen und zur [Elektrolyse](#) von kohlenstoffreichen Materialien ([Holzkohle](#), [Graphit](#), [Phenanthren](#), [Fette](#)).

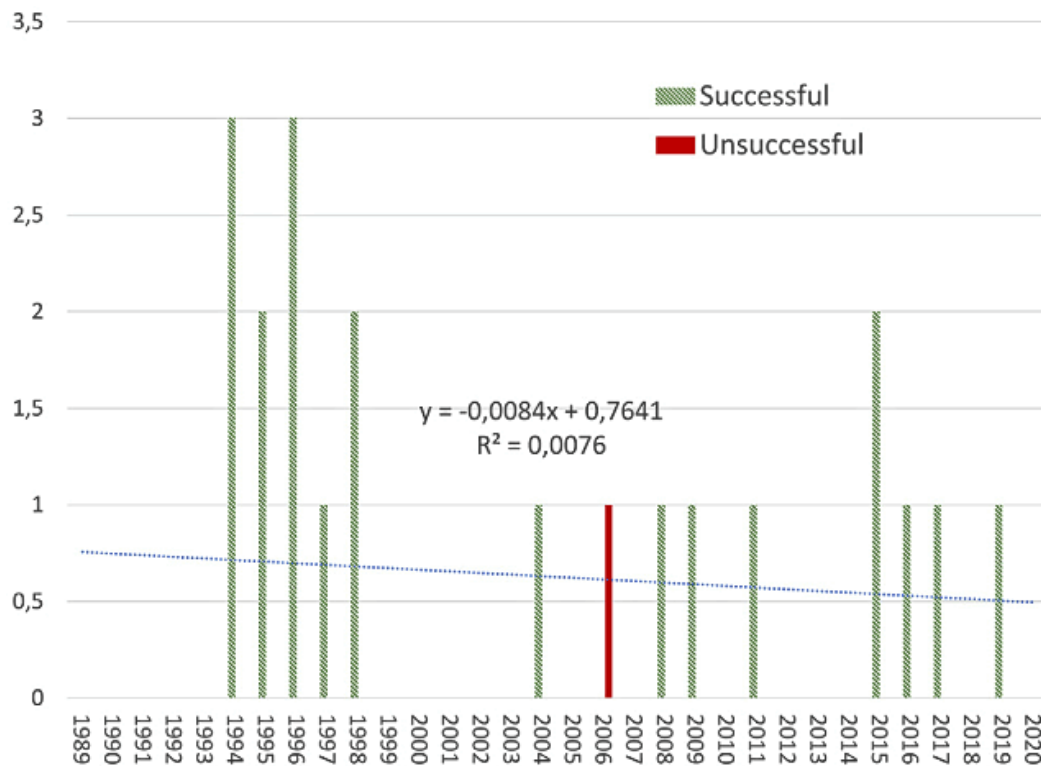


Abbildung 6. Ergebnisse der Kohlenstoff-Wasserstoff/Deuterium-Systeme

5.2. Weitere Methoden (Kavitation, Piezofusion, biologische Methoden)

5.2.1. Die Kavitationsmethode

Die Zahl der Veröffentlichungen zu kavitationsinduzierten [Kernreaktionen](#) ist über die Zeit konstant geblieben (siehe Abbildung 7), wobei insgesamt elf verschiedene Forschungsgruppen daran beteiligt waren. Dieses Teilgebiet umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Experimenttypen, bei denen die [Kavitation](#) dazu genutzt wird, [Kernreaktionen](#) auszulösen oder deren [Reaktionsrate](#) zu steigern. Hierzu gehören:

- Die Steigerung von Kernreaktionen an flüssigem [Lithiummetall](#) unter Beschuss mit [Deuteriumstrahlen](#).
- Die Auslösung von Kavitationsreaktionen an [Palladiumblechen](#) in [schwerem Wasser](#).
- Die Kavitation in Wasserstrahlen.

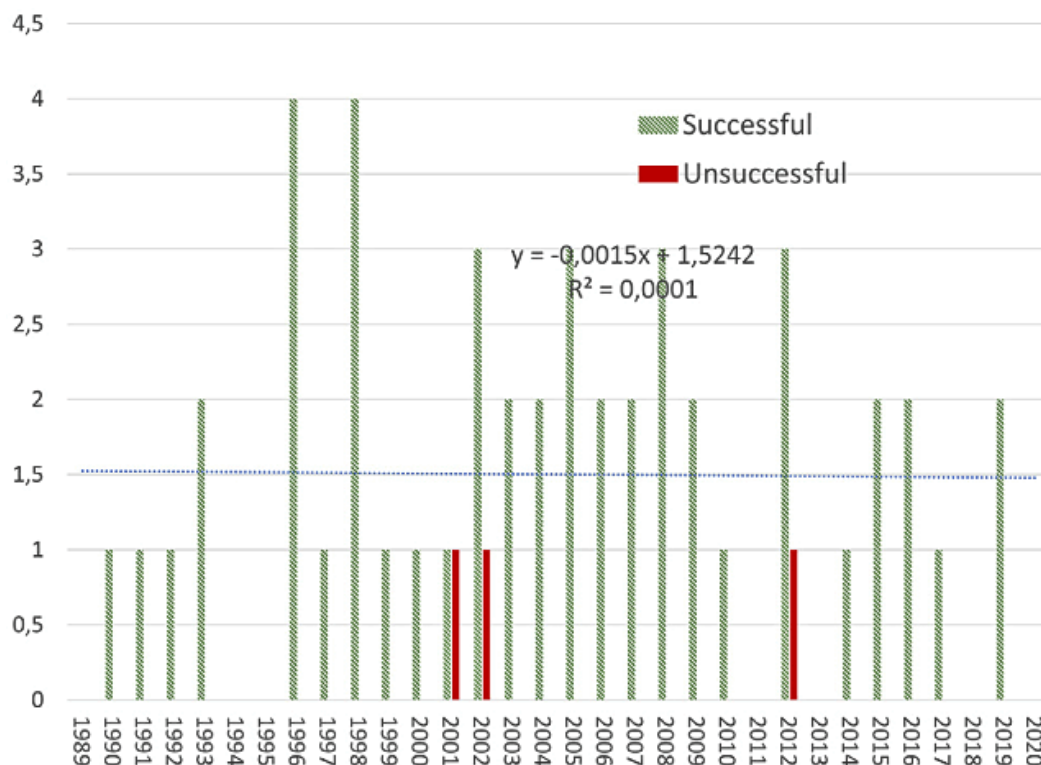


Abbildung 7. Ergebnisse der Kavitationsexperimente

Interessanterweise konnten die Autoren nur wenige Publikationen ausfindig machen, in denen über Misserfolge bezüglich der [Replizierbarkeit](#) der Forschungsergebnisse berichtet wurde, was daran liegen mag, dass eine Replikation sehr einfach ist, so dass die allermeisten Versuche von Erfolg gekrönt waren.

5.2.2. Die biologische Methode

Die Autoren haben acht verschiedene Forschungsgruppen ermittelt, die über Ergebnisse berichten, nach denen es durch biologische Prozesse zur [Transmutation](#) von [Elementen](#) gekommen ist. Dieses Teilgebiet bietet nicht nur eine Erklärung für einige isotopische Anomalien bei Lebewesen, sondern stellt auch die Verwendung von [Bakterien](#) zur Aufbereitung radioaktiver Abfälle in Aussicht. Für dieses Teilgebiet wurde in Russland ein Patent erteilt, und obwohl er noch vergleichsweise schwach entwickelt ist, weist er eine steigende Tendenz auf, wie in Abbildung 8 dargestellt. Einen bedeutenden Beitrag zu dieser Methode hat die Arbeit von Vysotsky^[17] geliefert.

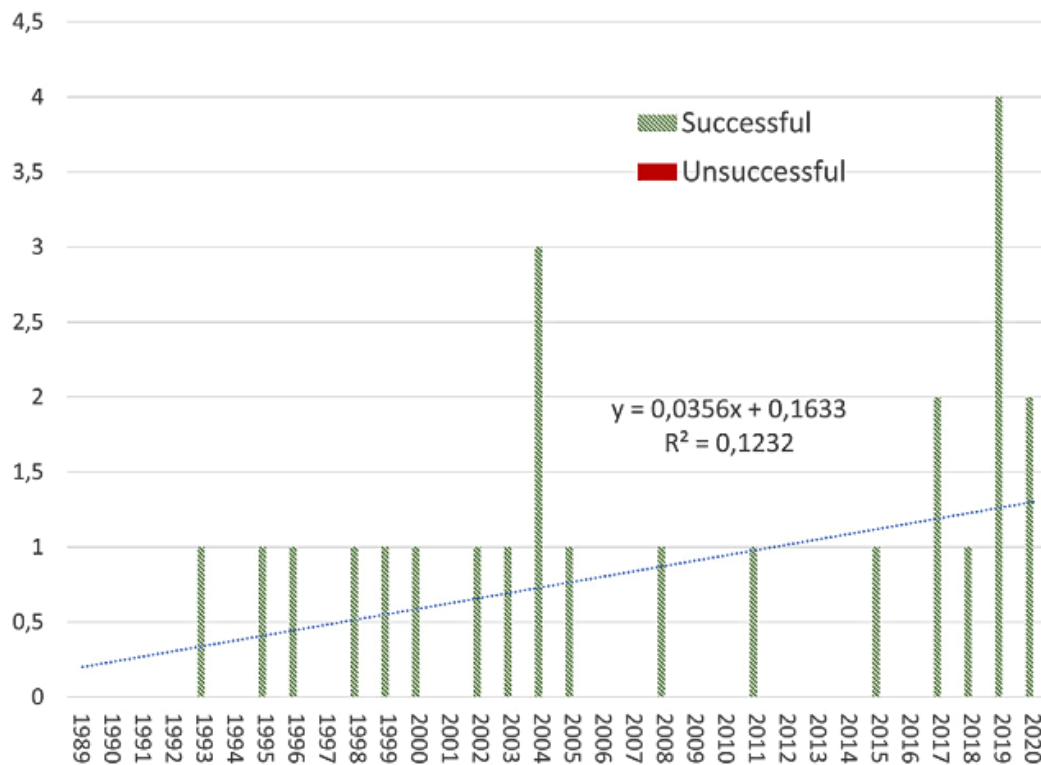


Abbildung 8. Ergebnisse der biologischen Experimente

5.2.3. Die Methode der Piezofusion

Schließlich wären da noch die Experimente zur Piezofusion, d. h. die Nutzung mechanischer Spannungen in Festkörpern zur Auslösung von [Kernreaktionen](#), anzuführen. Die Autoren konnten diesbezüglich sechs verschiedene Forschungsgruppen ausfindig machen, obwohl in diesem Teilgebiet die Menge an Abhandlungen weniger zahlreich ausfällt. Allerdings zeigt sich hier eine steigende Tendenz, wie Abbildung 9 zeigt.

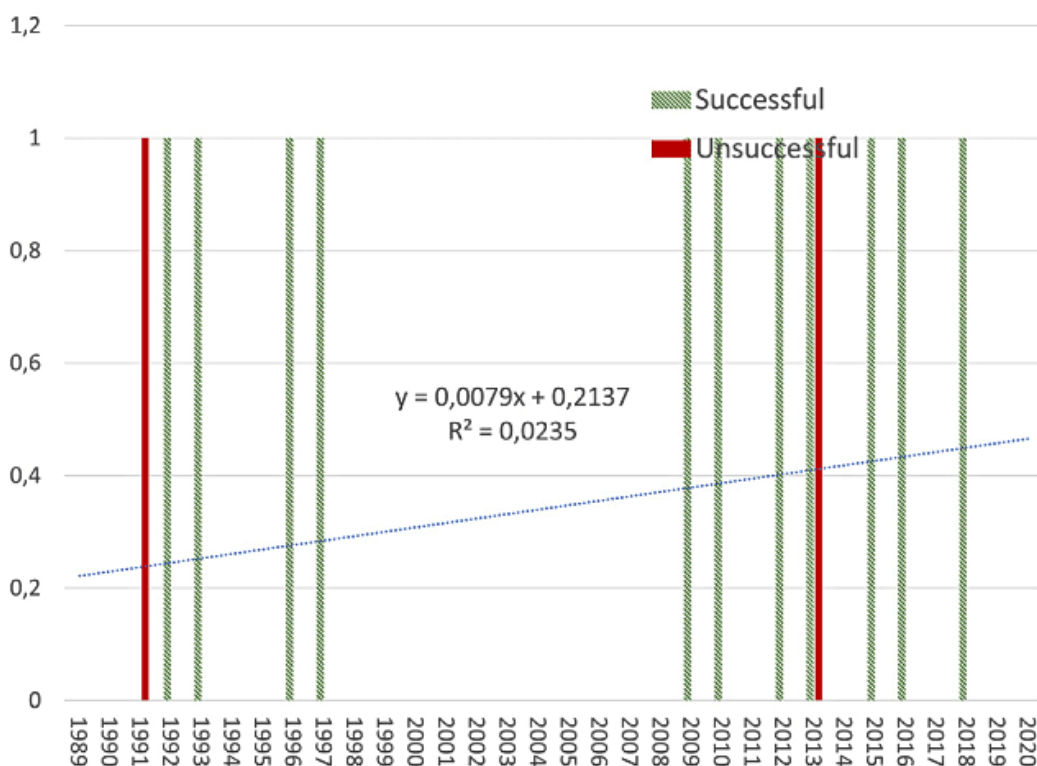


Abbildung 9. Abhandlungen mit Ergebnissen zur Piezofusion

6. Diskussion

Es ist durchaus möglich, dass bei dieser Bestandsaufnahme von Forschungsarbeiten aus den letzten dreißig Jahren die eine oder andere wichtige Abhandlung unberücksichtigt geblieben ist. Ebenso können Beiträge übersehen worden sein, die in anderen Sprachen als dem Englischen veröffentlicht wurden. Dennoch dürfte ein nicht ganz vollständiger, dafür aber umfassender Überblick über das Fachgebiet von Wert sein. Die Autoren halten es im Übrigen für unwahrscheinlich, dass eine wie auch immer geartete Anzahl von übersehenen Publikationen etwas an der allgemeinen Form der zeitlichen Entwicklung von Teilgebieten ändern würde.

Für den Leser könnte es von Bedeutung sein zu erfahren, wie viele Forschungsgruppen Abhandlungen für den gesamten Bereich der Kalten Fusion vorgelegt haben, und nicht nur für die oben beschriebenen Teilgebiete. Beispielsweise hat die Forschungsgruppe um Bazhutov eine große Anzahl von Experimenten durchgeführt, von denen sich nicht ein einziges einem bestimmten System oder einer bestimmten Technik zuordnen lässt, die aber dennoch von großem Wert sind, wie etwa die Arbeit von Bazhutov und anderen^[18]. Aus Abbildung 10 geht hervor, dass die Anzahl von Forschungsgruppen, die auf diesem Fachgebiet Veröffentlichungen vorgenommen haben, nach einem Höchststand in den Neunzigerjahren offenbar allmählich abgenommen hat. In den letzten 20 Jahren scheint die Anzahl von aktiven Forschungsgruppen jedoch recht stabil geblieben zu sein – und angesichts der Tatsache, dass das Interesse für bestimmte Teilgebiete abgenommen hat, gleichzeitig aber neue Teilgebiete hinzugekommen sind, lässt sich durchaus der Schluss ziehen, dass das Fachgebiet als Ganzes nicht an Bedeutung verliert.

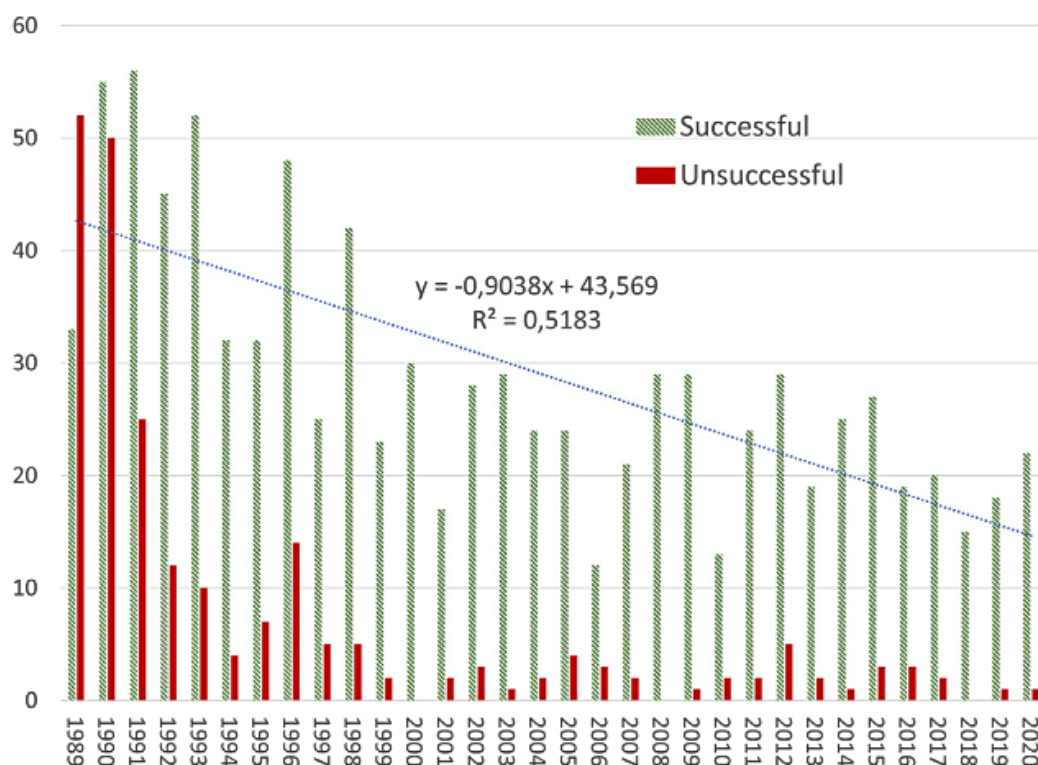


Abbildung 10. Gesamtzahl der Forschungsgruppen, durch die Forschungsergebnisse im Bereich der Kalten Fusion vorgelegt wurden, pro Jahr

Ein potenzieller Fehler dieser Vorgehensweise besteht darin, dass über erfolglose Experimente nur unzureichend berichtet wird, da die Forscher natürlich bestrebt sind, ein Ergebnis zu erzielen, das ihren Erwartungen entspricht – und wahrscheinlich die meisten von ihnen nicht darüber berichten, dass ein bestimmtes Experiment nicht zum Erfolg geführt hat. In modernen Forschungseinrichtungen sind die Forscher jedoch verpflichtet, den zeitlichen wie den finanziellen Aufwand zu begründen, was zu einer Veröffentlichung der Ergebnisse führt, ganz unabhängig vom Erfolg oder Misserfolg des angestrebten Zieles. Daher betrifft die Untererfassung von Misserfolgen wahrscheinlich eher den individuellen Forscher oder das Privatunternehmen und weniger die Forschungseinrichtungen – was wiederum bedeutet, dass dieses Problem nur einen Teil des gesamten Aufwandes betrifft und die vorliegende Studie daher nicht beeinträchtigen dürfte. In den Schlussfolgerungen wird die Anzahl der Misserfolge nicht berücksichtigt, da die Kriterien nach

Langmuir den Anteil jener Anhänger zum Gegenstand haben, die in Vergessenheit geraten, so dass es hinsichtlich der genannten Kriterien einzig und allein darauf ankommt, ob die Menge der Anhänger in Vergessenheit gerät oder nicht – vorausgesetzt, dass:

- A. die Misserfolge von Nichtanhängern und
- B. die Erfolge von den Anhängern stammen.

Indem man sich auf die Meinung der Forscher zu Erfolg oder Misserfolg verlässt, vermeidet man die Schwierigkeit, für die vorliegende Studie zu unabhängigen Schlussfolgerungen hinsichtlich der jeweiligen Ergebnisse zu kommen. Der Nachteil dieser Herangehensweise besteht darin, dass Daten aus Experimenten nur aufgrund der negativen Meinung jener skeptischen Forscher, die den Artikel verfasst haben, als negative Ergebnisse interpretiert werden können, obwohl sie in Wirklichkeit positiv sind. Umgekehrt werden auch negative Ergebnisse als positiv präsentiert, weil die Autoren an das Phänomen glauben.

Ein weiterer interessanter Aspekt besteht in der Vielfaltigkeit der Experimente, wie sie sich im Laufe der Zeit herausgebildet hat (Abbildung 11). Auch hier zeigt sich Mitte der Neunzigerjahre ein Höchststand, während sich die Forschergemeinschaft danach eher auf eine kleinere Anzahl von Experimenten konzentriert zu haben scheint.

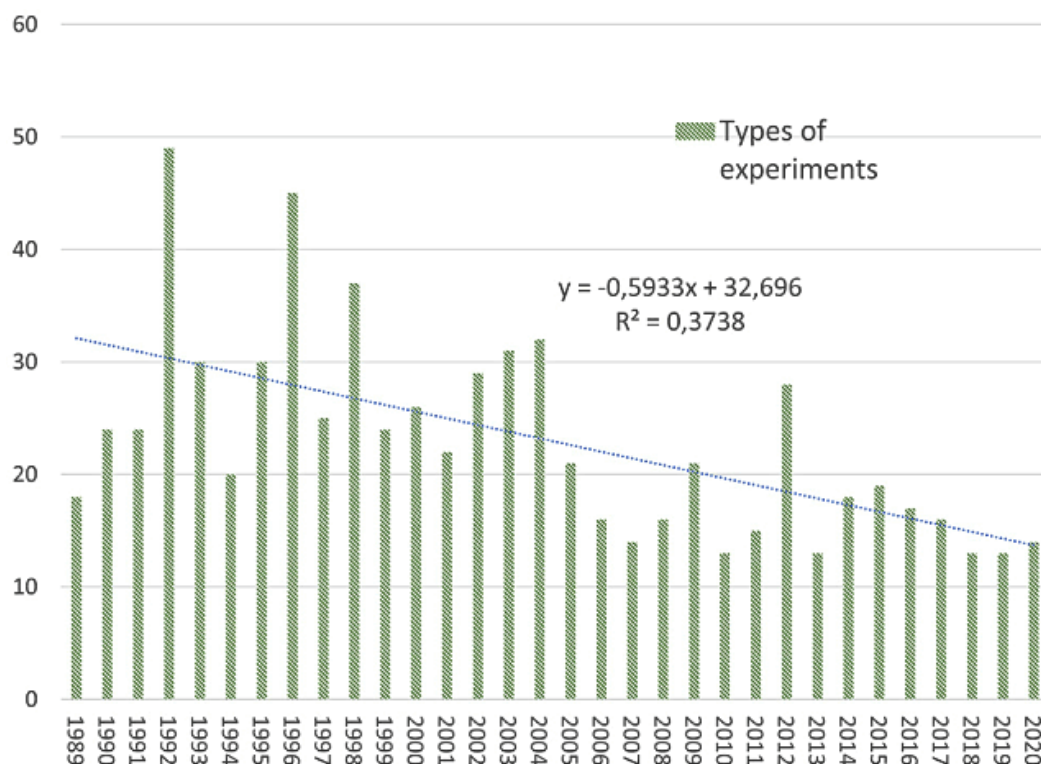


Abbildung 11. Gesamtzahl der Experimenttypen pro Jahr

Die vorliegende Studie bietet keine tiefgreifende Metaanalyse wie etwa die von Cravens und Letts^[19] oder Johnson und Melich^[20], sondern liefert für Leser, die mit der „Kalten Fusion“ nicht vertraut sind, einen allgemeineren Überblick über das Fachgebiet. Zu den Erfolgskriterien haben die Autoren nicht nur den Wärmeüberschuss gezählt, wie es viele andere Autoren getan haben, sondern auch alle Hinweise auf Kernreaktionen, wie etwa geladene Teilchen, die Transmutation von Elementen, isotopische Veränderungen im Vergleich zur natürlichen Verteilung, Gammastrahlung, Neutronenstrahlung, Radiofrequenzen, Hot Spots und Mikroexplosionen. Beispielsweise haben sich die Forscher bei den BARC-Studien dafür entschieden, nicht nach überschüssiger Wärme, sondern nach nuklearen Transmutationen, Neutronen und Strahlung zu suchen, da diese wesentlich einfacher nachzuweisen sind. Aus diesem Grund wird jede Abhandlung, die von etwas anderem als dem Üblichen (rein elektrochemische oder chemische Reaktionen) berichtet, als Erfolg gewertet. Jede Abhandlung, die von nichts Ungewöhnlichem berichtet oder offenkundige Kernreaktionen beschreibt (und somit erklärt, dass es sich bei unerwarteten Effekten lediglich um Artefakte handelt), wird als Misserfolg gewertet.

Paradoxerweise haben zahlreiche Autoren darüber berichtet, dass es im Zuge von Überhitzungsereignissen im Palladium zur Bildung von leichteren Elementen gekommen ist, was darauf schließen lässt, dass es in Pd-D-Systemen zu Spaltungsreaktionen kommt, wie dies auch aus einigen Untersuchungen hervorgeht^{[21][22]}.

Bisher konnte noch niemand ein allgemeingültiges Modell zur Erklärung solcher Spaltungsreaktionen vorlegen. Die Bildung von leichteren Elementen könnte jedoch eine Antwort auf Kritiker wie Huizenga sein^[8]. Aktuelle Modelle sagen voraus, dass für eine Spaltung von Pd Protonenenergien von etwa 30 MeV erforderlich sind, weshalb entsprechende Prozesse in massiven Metallen bislang nicht beobachtet werden konnten, obwohl Experimente mit Ionenstrahlen bereits gezeigt haben, dass der Deuterium-Deuterium-Fusionsquerschnitt in Metallen deutlich vergrößert ist^[15]. Dies hat zur Folge, dass Pd-D-Systeme, abgesehen von militärischen Anwendungen, aus wirtschaftlicher Sicht wahrscheinlich uninteressant bleiben werden, da die Kosten für das Palladium auf ein Kilogramm gerechnet zu hoch sind.

Einige Forscher auf dem Gebiet der Kalten Fusion sind jedoch der Ansicht, dass die Materialkosten im Vergleich zum Wert der erzeugten Energie immer noch als außerordentlich gering anzusehen sind. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass es sich bei der Kalten Fusion um einen katalytischen Effekt handelt, bei dem das Material, einmal abgesehen von dem im Überfluss zur Verfügung stehenden Wasserstoff, gar nicht verbraucht wird. Sollten beide Annahmen zutreffen (große Energiemengen im Verhältnis zu den Materialkosten und ausschließlicher Verbrauch von Wasserstoff), verlieren die Materialkosten nahezu vollständig ihre Bedeutung.

Ein weiterer Aspekt besteht darin, dass einige Forschungsgruppen, die die Kalte Fusion in der Vergangenheit bereits aufgegeben hatten, nun wieder auf dieses Forschungsgebiet zurückkehren, so wie es beispielsweise das Team der NASA getan hat. Die NASA hat erklärt, dass es bei ihren Forschungen um die gittergestützten Kernreaktionen geht, und dass bei ihren Experimenten deuterierte Metalle zum Einsatz kommen, die mit Photonen zwischen 2 und 3 MeV bestrahlt werden, um auf diese Weise Fusionsereignisse auszulösen^{[23][24][25]}. Die NASA arbeitet zusammen mit Partnern auch an der Architektur für einen Weltraumantrieb^[26] unter Nutzung der Co-Abscheidung von Palladium und Deuterium, die bereits patentiert ist (US-Patent 8419919).

Auf dem Gebiet der Kalten Fusion sind sich nicht alle Forschungsteams darüber einig, worin der auslösende Faktor besteht. Zu den möglichen Auslösern gehören unter anderem die Hintergrundstrahlung^[27], die elektrische Anregung^[28], die Laseranregung^[29], magnetische wie auch elektrostatische Felder^[30], die Temperatur^[31] und Druckveränderungen^[11]. All diese Faktoren sind recht leicht messbar, und die ermittelten Messwerte korrelieren (wenn auch nicht perfekt) mit den erzielten Ergebnissen.

In den ersten Jahren haben viele Autoren auf jegliche Methoden zur Auslösung des Effektes verzichtet und über extrem schwache Effekte berichtet, für die auch langandauernde Messungen erforderlich waren^[32], was sich jedoch nicht als allgemeingültige Regel erwies, wie dies z. B. die Studien des BARC^[33] belegen. Shani und andere^[27] sind der Meinung, dass die Hintergrundstrahlung als Auslöser fungiert, so dass Experimente wie die von Anderson und Jones^[32], die von der Hintergrundstrahlung abgeschirmt worden waren, allenfalls geringe Ergebnisse liefern würden. Bei neueren Experimenten kommen eine oder gleich mehrere der oben erwähnten Auslösemethoden zum Einsatz, wodurch erhebliche Effekte erzielt werden.

In der vorliegenden Studie wurden Theorien ausgeklammert und das Hauptaugenmerk auf die Experimente gelegt, wenngleich sich viele Forscher in ihren Veröffentlichungen darauf beschränken, die experimentellen Ergebnisse zu präsentieren, ohne jedoch Erklärungen zu liefern, wie z. B. die NASA^[11]. Eine plausible Theorie könnte beispielsweise jene sein, die von Parkhomov^[34] vorgeschlagen wurde.

In dieser Studie wurde die Art und Weise, wie Forschungsgruppen auf Kritik reagieren, nicht systematisch analysiert – dennoch fanden sich einige Artikel, die für gescheiterte Replikationen Erklärungen lieferten, wie etwa bei Anderson und Jones^[32] und bei Cravens und Letts^[19].

Was den Anteil der Anhänger angeht, so lässt sich anhand der Abbildungen 2 bis 9 feststellen, dass die Zahl der Anhänger nicht unbedingt abnimmt, sondern je nach Teilgebiet neue Forschungsgruppen hinzukommen.

Als abschließende Bemerkung zu den Merkmalen einer pathologischen Wissenschaft lässt sich festhalten, dass sich diese in ihrer Gesamtheit nur sehr bedingt auf die Kalte Fusion anwenden lassen. Insbesondere bei der Entwicklung der Anzahl der Anhänger gegenüber jener der Kritiker – einmal abgesehen von den Teilbereichen der Palladium-Deuterium- und der Titan-Deuterium-Systeme – zeigt sich eine steigende oder zumindest stabile Anzahl von Anhängern.

Zu Beginn konzentrierten sich die meisten Arbeiten auf Elektrolyse- und Gasbeladungsexperimente auf der Basis von Palladium oder Titan. Im Laufe der Zeit kamen neue Arten von Experimenten hinzu, wie z. B. die Experimente zur Glimmentladung, die Plasmaelektrolyse, die Elektrolyse von geschmolzenem Salz, der Beschuss mit Ionenstrahlen, die Verwendung von Bakterien zur Reduzierung der Radioaktivität, die Fusion mittels mechanischer Schwingungen sowie die Nutzung der Kavitation. Auch die Messmethoden wurden immer vielfältiger und gingen weit über die Messung von Neutronen, der verschiedenen Strahlungsarten, von

Tritium, Helium und der Wärmemenge hinaus. So gewann beispielsweise der Nachweis einer Isotopieverschiebung oder der Entstehung neuer Elemente ebenso an Bedeutung wie der Nachweis geladener Teilchen mit Hilfe von Kunststoffdetektoren (CR-39).

Eine Überraschung in diesem Bereich war jedoch die Entdeckung von Ni-H-Systemen, bei denen es nach Levi und anderen^[35] zu einer Veränderung in der Isotopenverteilung der Metalle und zu einem Verbrauch von Wasserstoff kommt. Bei hohen Temperaturen (von mehr als 1000 °C) zeigen die Experimente einen stabilen Betrieb, und viele Forschungsgruppen aus verschiedenen Ländern haben diese Beobachtung bereits bestätigt. Solche Temperaturen ermöglichen hocheffiziente thermodynamische Zyklen, zum Beispiel im Rahmen eines Brayton-Kreisprozesses. Da [Wasserstoff](#) der im [Universum](#) am häufigsten vorkommende [Atomkern](#) ist und [Nickel](#) zwar nicht sehr häufig vorkommt, aber auch nicht gerade selten ist, kann es nach seiner Verbrennung auch wiederverwendet werden. Daher kann man Ni-H-Systeme durchaus als „Kalte Fusion“ bezeichnen, obwohl es sich bei ihnen um Kernreaktionen handeln kann, welche sich im MeV-Bereich abspielen – was heißen soll, dass sie sich im [Metallgitter](#) vollziehen, aber nicht unbedingt „kalt“ ausfallen müssen. Aus Experimenten geht ebenfalls hervor, dass bei solchen Reaktionen keine [Gammastrahlung](#) im MeV-Bereich emittiert wird (in vielen Artikeln wird von Strahlung im Bereich von Hunderten von keV berichtet), so dass keine große Abschirmung erforderlich ist und kleine Maschinen somit nuklear betrieben werden könnten. Auch bei der Analyse der Asche wurden keine [radioaktiven](#) Isotope gefunden, so dass keine Aufbereitung von radioaktivem Abfall erforderlich ist.

Offensichtlich funktionieren all diese Experimente auf der Grundlage einer noch nicht verstandenen Physik, und es gibt keinerlei Anzeichen dafür, dass Wissenschaftler irgendein physikalisches Gesetz aufzudecken könnten, das uns daran hindern würde, einen Weg zur Erforschung der Ni-H-Systeme zu finden. Andrea Rossi als auch Francesco Piantelli haben allerdings bereits Wärmegeneratoren auf der Basis von Ni-H (bei gelegentlicher Beimischung von [Lithium](#) und [Aluminium](#)) patentiert. Andrea Rossi hat auf seiner Website (ecat.org) in Aussicht gestellt, demnächst entweder die Dienstleistung oder entsprechende Geräte zum Verkauf anzubieten. Die Experimente und Präsentationen von Andrea Rossi, insbesondere die Zusammenarbeit und der Rechtsstreit mit der Firma [Industrial Heat](#), sind im Umfeld der Kalten Fusion kontrovers diskutiert worden. Die Autoren halten es für erforderlich, öffentliche Sachverhalte von einem historischen Standpunkt aus darzustellen, selbst wenn der wissenschaftliche Wert bestimmter Behauptungen umstritten sein mag.

So verbrennen Ni-H-Systeme den [Wasserstoff](#) in einer Maschine bei Temperaturen nahe dem Schmelzpunkt von Metall, ohne dass dabei Strahlung im MeV-Bereich emittiert wird, und ohne dass dabei radioaktive Abfallprodukte entstehen. Tatsächlich könnte sich dies als noch weitaus günstiger erweisen als der ursprüngliche „goldene Traum“ vom Pd-D, zumal Palladium teurer ist als Nickel und ebenso das Deuterium im Vergleich zum Wasserstoff.

Ein weiterer Beweis dafür, dass der Forschungsbereich der Kalten Fusion nicht im Verblasen begriffen ist, zeigt sich in der Tatsache, dass die Kalte Fusion in jüngster Zeit zunehmend mit Finanzmitteln bedacht wird, wie beispielsweise:

- Das NEDO-Projekt (2015-2017), das von der japanischen Regierung finanziert wurde.
- Die [Google-Initiative](#), die im Jahr 2015 gestartet wurde.
- Das Projekt [Nano-Metal Hydrogen Energy](#) (MHE) aus den Jahren 2018 bis 2020, das von der japanischen Regierung finanziert wurde.
- Das Hermes-Projekt ([hermesproject.eu](#)), das im Jahr 2020 gestartet wurde und von der Europäischen Union finanziert wird.
- Das Projekt Clean Energy from Hydrogen-Metal Systems (CleanHME), das im Jahr 2020 gestartet wurde, und das durch das Forschungs- und Innovationsprogramm „[Horizont 2020](#)“ der Europäischen Union finanziert wird.

Ohne Experimente ist es nicht möglich, Gewissheit darüber zu erlangen, dass die Behauptungen über die Kalte Fusion der Wahrheit entsprechen oder nicht – aber wie Berlinguette und andere^[36] hervorgehoben haben, handelt es sich bei der [Wissenschaft](#) eben nicht um ein [Nullsummenspiel](#). Im Bereich der Kalten Fusion wird noch eine Menge an Wissenschaft zu leisten sein, die auch zu ungeahnten Forschungsergebnissen führen kann, selbst wenn ein Neuling auf diesem Gebiet nicht in der Lage ist, ein bestimmtes Experiment zu replizieren. So berichteten Berlinguette und andere^[36] davon, dass einige Experimente nicht repliziert werden konnten. Dasselbe Team (das von [Google](#) finanziert wurde) hat auch herausgefunden, dass die Neutronenausbeute in deuteriertem Palladium für Ionen mit weniger als 2 keV um zwei Größenordnungen höher ausfällt, als dies von aktuellen Modellen vorhergesagt wird^[37]. Diese Entdeckungen deuten darauf hin, dass die Fusion in deuterierten Metallen möglicherweise einfacher zu realisieren sein könnte, als es die derzeitigen Modelle vorhersagen. Geht man nun davon aus, dass die sich entwickelnden Trends im Bereich der Kalten Fusion dazu führen werden, dass der Markt entsprechende Technologien hervorbringt, so erscheint es angesichts der langen technologischen Entwicklungszyklen als sicher, dass die Nachzügler Probleme haben

werden, im Wettbewerb mit den Vorkämpfern zu bestehen. Energie ist die Grundlage jeder Wirtschaft, und billigere Energie ist gleichbedeutend mit billigeren Produkten, was den Wettbewerbsvorteil jener Länder erhöht, die diese Technologie frühzeitig einführen. Geht man darüber hinaus ebenso davon aus, dass die derzeitigen Exportbeschränkungen auch für diese Technologien gelten, dann werden Länder, die mit der Entwicklungsarbeit in diesem Bereich zu spät beginnen, eine Phase des wirtschaftlichen Niedergangs erleben. Eine solche Periode kann gut und gerne 10 bis 20 Jahre umfassen, da die Entwicklung und die Massenproduktion dieser Technologien viel Zeit in Anspruch nehmen, dessen ungeachtet aber ausreicht, um geopolitische Umwälzungen herbeizuführen.

Zu guter Letzt kann man sich die Frage stellen, was Geschäftsleute noch davon abhält, sich in einem so bahnbrechenden Bereich zu engagieren, in dem sich derart gigantische Gewinne erzielen lassen. Es könnte ihnen vollkommen egal sein, ob die Wissenschaftler der Sache zustimmen oder nicht, solange das Ganze funktioniert. Das Ausbleiben von privaten Investitionen in diesem Bereich könnte somit als Beweis dafür verstanden werden, dass es sich bei all den positiven Forschungsergebnissen zur Kalten Fusion bloß um wahnhaft pathologische Wissenschaft handelt. Die Autoren der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass es sich bei der Firma Industrial Heat LLC um ein Unternehmen handelt, das mit der Kalten Fusion befasst ist und über zwei Patente sowie sieben Patentanmeldungen in diesem Fachgebiet verfügt^[38]. Das Unternehmen wurde im Jahr 2019 mit fast einer Milliarde Dollar bewertet^[39] und die meisten seiner Anmeldungen stammen aus den letzten beiden Jahren. Das ist insofern verblüffend, als dass das US-Patentamt in den letzten Jahren die Kalte Fusion oder auch „LENR“ in der Regel mit der Begründung abgelehnt hat, dass diese nicht funktionieren. Noch verblüffender erscheinen allerdings die Anmeldungen zweier LENR-Patente durch den Flugzeughersteller Airbus (US20170025191/EP3070050A1, US20170022055/EP3070051A1) im Jahr 2017 sowie der Bericht eines Boeing-Labors, in dem Ni-H-LENR-Reaktoren für eine neue Generation von Flugzeugen diskutiert werden^[40]. Angesichts solcher Tatsachen könnte man einerseits einfach davon ausgehen, dass auch Geschäftsleute einmal einen Fehler machen. Andererseits steht jedoch auch außer Frage, dass sich in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Unternehmern diesem Thema zugewandt hat.

7. Schlussfolgerungen

Im Bereich der Kalten Fusion zeigen die Systeme, die auf den Erkenntnissen der Palladium-Deuterium- und der Titan-Deuterium-Forschung beruhen, eine eher abnehmende Tendenz. Andere Experimenttypen weisen hingegen eine steigende Tendenz auf, insbesondere die Nickel-Wasserstoff-Systeme, was darauf schließen lässt, dass es sich hier nicht um eine pathologische Wissenschaft handelt. Offensichtlich waren die ursprünglichen Erklärungen, die für das Phänomen des Wärmeüberschusses (chemische Auslösung von Kernreaktionen ohne die Emission von Neutronen) geliefert wurden, fehlerhaft, was viele Forschungsgruppen allerdings nicht davon abhalten konnte, die experimentellen Ergebnisse der Kalten Fusion erfolgreich zu replizieren. Abbildung 12 bietet einen grafischen Überblick über diese Arbeiten.

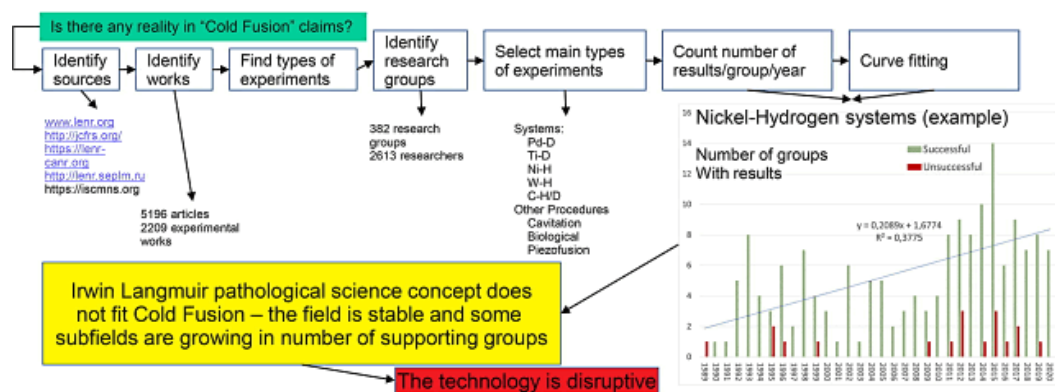


Abbildung 12. Grafische Zusammenfassung

Die Autoren konnten kein allgemein anerkanntes Modell für all diese Phänomene ausmachen. Sollten die experimentellen Ergebnisse jedoch der Realität entsprechen, wird die derzeitige Theorie der Kernphysik überarbeitet werden müssen. Aber auch ohne eine fundierte Theorie sind die Menschen fähig, auf der Grundlage der beobachteten Phänomene und auf dem Wege von Versuch und Irrtum bahnbrechende Technologien zu entwickeln.

Die vorliegende Studie wirft dem Leser vor allem zwei Fragen auf: zum einen, ob der goldene Traum von der Kernfusion in greifbare Nähe rückt, und zum anderen, ob es sich dabei um einen Traum oder gar um einen Albtraum handelt. Sollte die Kalte Fusion tatsächlich zu einer Realität werden, hängt die Antwort auf die zweite Frage wahrscheinlich davon ab, wann mit der Entwicklung der Technologie begonnen wird.

Erklärung des konkurrierenden Interesses

Die Autoren erklären hiermit, dass ihnen keine konkurrierenden finanziellen Interessen oder persönlichen Beziehungen bekannt sind, die die Arbeit an dieser Studie hätten beeinflussen können.

Anhang A. Ergänzende Daten

Im Folgenden finden Sie die ergänzenden Daten zu diesem Artikel:

[Arbeitsblatt zum Herunterladen \(3 MB\)](#)

Referenzen

1. Y. L. Ratis: Controlled Fusion or Cold Fusion? A drama of ideas (auf Russisch), SSC RAS, Samara (2009).
2. O. Speri: Producer of controlled thermonuclear energy of hydrogen and its isotopes, Patent [IT1024274B](#), 20 (1974), p. 06.
3. J. O. Bockris: Priority in Nuclear Reactions in the Cold, J. Condens. Matter Nucl. Sci., 7 (2012), pp. 32-34.
4. S. E. Jones, E. P. Palmer, J. B. Czirr, D. L. Decker, G. L. Jensen, J. M. Thorne, S. F. Taylor, J. Rafelski: Observation of cold nuclear fusion in condensed matter, Nature, 338 (6218) (1989), pp. 737-740.
5. M. Fleischmann, S. Pons: Electrochemically induced nuclear fusion of deuterium, J. Electroanal. Chem. Interfacial Electrochem., 261 (2) (1989), pp. 301-308.
6. G. C. Fralick, A. J. Decker and J. W. Blue, "Results of an attempt to measure increased rates of the reaction $D-2 + D-2$ yields $He-3 + n$ in a nonelectrochemical cold fusion experiment," Cleveland, 1989.
7. C. D. Scott, J. E. Mrochek, E. Newman, T. C. Scott, G. E. Michaels and M. Petek: A Preliminary Investigation of Cold Fusion by Electrolysis of Heavy Water, Oak Ridge, 1989.
8. J. R. Huizenga: Cold Fusion - The Scientific Fiasco of the Century, (2nd ed.), Oxford University Press, Pennsylvania State University (1993), p. 318.
9. K. L. Shanahan: A systematic error in mass flow calorimetry demonstrated, Thermochim. Acta, 387 (2) (2002), pp. 95-100.
10. E. Storms, T. Grimshaw: Judging the Validity of the Fleischmann-Pons Effect, J. Condens. Matter Nucl. Sci., 3 (1) (2010), pp. 9-30.
11. G. C. Fralick, R. C. Hendricks, W. D. Jennings, T. L. Benyo, F. W. VanKeuls, D. L. Ellis, B. M. Steinetz, L. P. Forsley, C. E. Sandifer: Transmutations observed from pressure cycling palladium silver metals with deuterium gas, Int. J. Hydrogen Energy, 45 (56) (2020), pp. 32320-32330.
12. A. B. Karabut, Y. R. Kuchеров, I. B. Savvatimova: Nuclear product ratio for glow discharge in deuterium, Phys. Lett. A, 170 (4) (1992), pp. 265-272.
13. T. Mizuno, J. Rothwell: Increased Excess Heat from Palladium Deposited on Nickel, in Proceedings of 22nd International Conference for Condensed Matter Nuclear Science (ICCF-22), Assisi, Italy (2019).
14. IAEA: Neutron Generators for Analytical Purposes, VIENNA, 2012.
15. F. e. a. Raiola: Enhanced $d(d,p)t$ fusion reaction in metals, The European Physical Journal A - Hadrons and Nuclei volume, vol. 27, pp. p. 79-82, March 2006.
16. L. I. Urutskoev, V. I. Liksonov, V. G. Tsinoev: Observation of Transformation of Chemical Elements during Electric Discharge, Annales de la Fondation Louis de Broglie, 27 (4) (2002), pp. 701-726.
17. A. A. Kornilova, V. I. Vysotskii: Synthesis and transmutation of stable and radioactive isotopes in biological systems, RENSIT, 9 (1) (2017), pp. 52-64.
18. Y. N. Bazhutov, A. I. Gerasimova, V. V. Evmenenko, V. P. Koretskiy, A. G. Parkhomov, Y. A. Sapozhnikov: Calorimetric and radiation diagnostics of water solutions under intense light radiation, J. Condensed Matter Nucl. Sci., 19 (2016), pp. 10-17.
19. D. Cravens, D. Letts: The enabling criteria of electrochemical heat: beyond a reasonable doubt, in Proceedings of 14th International Conference on Condensed Matter Nuclear Science (ICCF-14), Washington, D.C, 2008.
20. R. Johnson, M. Melich: Weight of Evidence for the Fleischmann-Pons Effect, in ICCF-14 International Conference on Condensed Matter Nuclear Science (2008).

21. G. H. Miley, On the Reaction Product and Heat Correlation for LENRs, in 8th International Conference on Cold Fusion, Lerici, Italy, 2000.
22. G. Miley and P. Shrestha: Review of Transmutation Reactions in Solids, in 10th International Conference on Cold Fusion, Cambridge, MA, 2003.
23. T. L. Benyo, B. M. Steinetz, A. Chait, L. P. Forsley, V. Pines, M. Pines: Evidence of the Electron-Screened Oppenheimer Phillips Reactions $^{162}\text{Er}(d, n) ^{163}\text{Tm}$ or $^{162}\text{Er}(p, \gamma) ^{163}\text{Tm}$ in Deuterated Materials Subjected to a Low-Energy Photon Beam, in 9th International Particle Accelerator Conference, IPAC2018, Vancouver, BC, Canada (2018)
24. T. e. a. Benyo., Investigation of Deuterium-Loaded Materials Subject to X-Ray Exposure, Cleveland, Ohio, 2017.
25. B. M. Steinetz and e. al.: Novel Nuclear Reactions Observed in Bremsstrahlung-Irradiated Deuterated Metals, Cleveland, 2020.
26. L. P. Forsley and P. A. Mosier-Boss: Space Application of the GeNIE HybridTM Fusion-Fission Generator, Journal of Condensed Matter Nuclear Science, p. 95-118, Vol. 29 August 2019.
27. G. Shani, A. Brokman, C. Cohen, A. Grayevsky: Background Induced D-D fusion, in fifth International Conference on Emerging Nuclear Energy Systems, ICENES '89, Karlsruhe, Germany (1989).
28. I. Dardik, H. Branover, A. El-Boher, D. Gazit, E. Golbreich, E. Greenspan, A. Kapusta, B. Khachatorov, V. Krakov, S. Lesin, B. Michailovitch, G. Shani, T. Zilov: Intensification Of Low Energy Nuclear Reactions Using Superwave Excitation, in Tenth International Conference in Cold Fusion (ICCF-10), Massachusetts, Cambridge (2003).
29. P. L. Hagelstein, D. Letts and D. Cravens: Terahertz Difference Frequency Response of PdD in Two-laser Experiments, Journal of Condensed Matter Nuclear Science, p. 59-76, Vol. 3 July 2010.
30. S. Szpak, P. A. Mosier-Boss, F. E. Gordon: Further evidence of nuclear reactions in the Pd lattice: emission of charged particles, Naturwissenschaften, 94 (2007), pp. 511-514.
31. K. Alabin, S. Andreev, A. Sobolev, S. Zabavin, A. Parkhomov, T. Timerbulatov: Isotopic and elemental composition of substance in nickel-hydrogen heat generators, J. Condensed Matter Nucl. Sci., 26 (2018), pp. 32-44.
32. A. N. Anderson, S. E. Jones: Comments on an Experiment at Yale on Cold Fusion, in AIP Conference Proceedings 228, Provo, Utah (1991).
33. P. K. Iyengar and M. Srinivasan: BARC Studies in cold fusion, Bombay, 1989.
34. A. G. Parkhomov, R. V. Karabanov: LENR as a manifestation of weak nuclear interactions. New approach to creating LENR reactors, RENSIT, 13 (1) (2021), pp. 45-58.
35. G. Levi, E. Foschi, B. Höistad, R. Pettersson, L. Tegnér and H. Essén: Observation of abundant heat production from a reactor device and of isotopic changes in the fuel [Preprint], Lugano, 2014.
36. C. P. Berlinguette, Y.-M. Chiang, J. N. Munday, T. Schenkel, D. K. Fork, R. Koningstein, M. D. Trevithick: Revisiting the cold case of cold fusion, Nature, 570 (7759) (2019), pp. 45-51.
37. T. Schenkel, A. Persaud, H. Wang, P. A. Seidl, R. MacFadyen, C. Nelson, W. L. Waldron, J.-L. Vay, G. Deblonde, B. Wen, Y.-M. Chiang, B. P. MacLeod, Q. Ji: Investigation of light ion fusion reactions with plasma discharges, J. Appl. Phys., 126 (20) (2019), Article 203302.
38. US Patent and Trademark Office, US Patent and Trademark Search, 2021. [Online]. Available: <https://uspto.report/company/Industrial-Heat-L-L-C/patents>. [Accessed 5 April 2021].
39. K. Shubber, R. Smith and P. Smith: The long-shot science that attracted Brad Pitt and Neil Woodford, Financial Times, 14 June 2019. [Online]. Available: <https://www.ft.com/content/024cfc4a-8df6-11e9-a1c1-51bf8f989972>. [Accessed 2 April 2021].
40. M. K. Bradley, C. K. Droney: Subsonic Ultra Green Aircraft Research Phase II: N+4 Advanced Concept Development, Huntington Beach, California (2012).

Abgerufen von „https://lenr.wiki/index.php?title=Preliminary_survey_on_cold_fusion:_It's_not_pathological_science_and_may_require_revision_of_nuclear_theory&oldid=7775“

Diese Seite wurde zuletzt am 20. Mai 2025 um 10:16 Uhr bearbeitet.