

The background is a teal-tinted photograph of an industrial facility, likely a hydrogen production plant. It features a complex network of pipes, valves, and large cylindrical storage tanks. Overlaid on this background are the chemical symbols for oxygen ( $O_2$ ) and hydrogen ( $H_2$ ) in a large, semi-transparent font. The text is white and positioned on the left side of the image.

Energie-macht-Schule

# Lehrerhandreichung Wasserstoff

## Geschichte

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Einführung

- |   |   |    |   |
|---|---|----|---|
| 1 | Geschichte  | 8  | Industrie, Verkehr, Energieerzeugung – vielfältige Einsatzmöglichkeiten |
| 2 | Wasserstoffvorkommen                                  | 9  | Sektorkopplung bringt große Vorteile                                    |
| 3 | Physikalische Eigenschaften                           | 10 | Politische Rahmenbedingungen in Deutschland                             |
| 4 | Chemische Eigenschaften                               | 11 | Europäische Zusammenarbeit  |
| 5 | Wasserstoffherstellung für eine Wasserstoffwirtschaft | 12 | Forschungsperspektiven  |
| 6 | Herstellungsverfahren                                 |    |   |
| 7 | Die Wasserstoff-Elektrolyse                           |    |   |

Zusammenfassung

Literatur

## Querverweise

Von hier können Sie in jedes Kapitel springen

Ihre Notizen für den Unterricht

### Die Nutzbarmachung des Erdgases

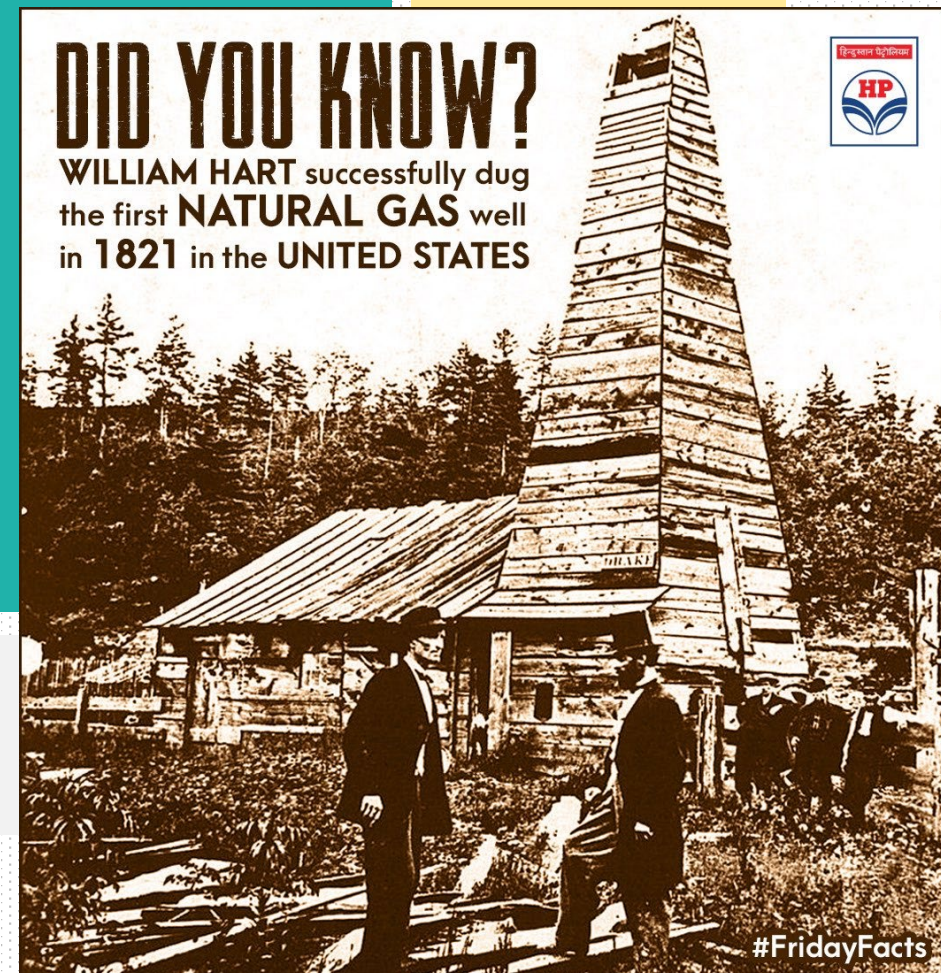
Das aus dem Erdreich ausströmende Erdgas ist den Menschen schon vor Jahrtausenden gelegentlich aufgefallen. Schon die Menschen in der Antike kannten Feuer, die von Gasen aus Erdspalten genährt wurden. Eine erstmalige Nutzung dieser gasförmigen Kohlenwasserstoffe ist seit 200 n. Chr. in China bekannt. Es wurde als Heiz- und Leuchtmittel in den Haushalten verwendet. Die „Pipelines“ waren Röhren aus Bambus mit Brennerdüsen aus gebranntem Ton.

Seit man in den USA systematisch nach Erdöl zu bohren begann, stieß man häufig auf Erdgas. Die Nutzung solcher Erdgasquellen beschränkte sich aber bis ins 20. Jahrhundert im Wesentlichen auf die USA. Als Bewohner der Stadt Fredonia am Eriesee nach Trinkwasser suchten, bohrten sie im Jahr 1821 in acht Meter Tiefe ein Erdgaslager an. Man erkannte, dass das Gas zur Beleuchtung taugte, und 1824 war ein Leitungssystem aus Bleirohren fertiggestellt, dass das Erdgas zu den Verbrauchern brachte. In Amerika erregte diese Art der Beleuchtung mit Erdgas einiges Aufsehen. Wegen des unangenehmen

Geruchs bei der Verbrennung des Erdgases gaben die Fredonier ihr Beleuchtungssystem jedoch bald wieder auf. Es dauerte noch einmal 35 Jahre bis eine neue Erdgasfundstelle erschlossen wurde und die 1865 gegründete „Fredonia Gas Light & Water Works Company“ eine öffentliche Erdgasversorgung anbot. Sie waren die ersten.

Obschon im Laufe der Zeit immer mehr Lagerstätten entdeckt wurden, galt das Erdgas lange als unwertbares Nebenprodukt der Ölförderung und wurde massenhaft abgefackelt. Erst strategische Überlegungen in den USA unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg führten zur Erdgasverwertung in großem Stil. Zwar erforderte die Erdgasnutzung keine

Querverweise



**DID YOU KNOW?**  
**WILLIAM HART** successfully dug  
the first **NATURAL GAS** well  
in **1821** in the **UNITED STATES**



#FridayFacts

Ihre Notizen für den Unterricht



komplizierte Weiterverarbeitung, aber das Transportsystem mit Hochdruck-Pipelines über Hunderte von Kilometern bedurfte großer Investitionen. Diese wurden vom Streitkräfteausschuss des amerikanischen Kongresses gefordert, um damit den Erdölverbrauch im Inland zu vermindern. So kam es in den USA zur Erdgasnutzung in größerem Umfang zum Heizen und für industrielle Zwecke.

### Die technische Entwicklung in Europa

Parallel zu der Entwicklung in den USA vollzog sich in Europa eine andere Entwicklung. Die Einwohner der im 19. Jahrhundert stark anwachsenden Städte waren sehr daran interessiert, die Verkehrssicherheit und den Schutz vor Dieben und Räubern bei Dunkelheit zu verbessern. Ein Schritt in die richtige Richtung war die Installation einer Straßenbeleuchtung.

Mit einem brennbaren Gas, dem so genannten Leuchtgas, das zunächst durch die Destillation von Kohle gewonnen wurde, hatte man einen geeigneten Leuchtstoff gefunden. Zum Sicherheitsbedürfnis hinzu kam das Interesse der Manufakturen und entstehenden Fabriken, den natürlichen Lichttag als Beschränkung der Produktions

zeit zu überwinden. „Die industriellen Lichtbedürfnisse ließen sich durch die bloße Summierung traditioneller Lichtquellen nicht befriedigen.“ (Schivelbusch, 16/17).

Es war schon lange aufgefallen, dass beim Verbrennen von Kohle oder Holz eine „entflammbare Luft“ entsteht. Doch erst im 18. Jahrhundert gingen Forscher dieser Beobachtung gründlicher nach. Der belgische Arzt und Naturforscher Johan Baptista van Helmont hatte schon 1609 die „luftartigen Substanzen“ mit dem „Chaos“ aus der Mythologie verglichen und flämisch „Gas“ genannt.

### Querverweise



Historische Straßenszene mit Gaslaternen in London, Gemälde von John Atkinson Grimshaw, 1885

Ihre Notizen für den Unterricht

Vereinzelte Versuche mit entflammbarer Luft führten zum Beispiel Jan Pieter Minckelers aus Maastricht 1785 dazu, den Hörsaal der Universität Löwen mit Gas zu beleuchten.

Den Ruhm als Erfinder des Leuchtgases hat jedoch der schottische Ingenieur William Murdock (1754 – 1839) erlangt. Seit 1792 arbeitete er an der Entwicklung eines Verfahrens, das es ermöglichen sollte, große Mengen Leuchtgas aus Steinkohle herzustellen. Die Kriege in Amerika und mit Napoleon hatten Englands Versorgung mit Walöl und russischem Talg empfindlich gestört und die Kosten für Lampenöl und Kerzen in die Höhe getrieben. Außerdem waren die Eigentümer der immer zahlreicher werdenden Baumwollspinnereien in Großbritannien an einer billigen und sicheren Beleuchtung interessiert, da ihre Fabriken in besonderer Weise durch Feuer gefährdet waren und entsprechend hohe Versicherungskosten verursachten. In der Baumwollindustrie setzten die Unternehmer zum ersten Mal systematisch Arbeitsmaschinen ein. Diese neuen technischen Mittel wollte man rund um die Uhr nutzen, was die Ausdehnung der Arbeitszeit auf

die Nacht und die Einführung eines Zweischichtsystems zur Folge hatte.

Im Jahr 1802 führte Murdock in der Firma Boulton, Watt & Co. in Birmingham, einer Dampfmaschinenfabrik, die erste funktionierende Fabrikbeleuchtung mit Leuchtgas öffentlich vor. Ab 1805, nur drei Jahre später, war Gas das allgemeine Beleuchtungsmittel der englischen Industrie.

### Querverweise



*„In der Korkenfabrik“, Gemälde einer mit Gaslampen ausgestatteten Manufaktur von einem unbekannten französischen Maler, um 1890*

Ihre Notizen für den Unterricht

Der Bergbaubeamte Wilhelm August Lampadius machte die Gasbeleuchtung in Deutschland bekannt. 1816 baute er für die Amalgamierwerke in Freiberg, Sachsen, eine Beleuchtung mit Gas. Im Ruhrgebiet war es der Unternehmer Franz Dinnendahl, der sie als erster seit 1818 in der Schmiede seiner Essener Maschinenfabrik anwandte.

Eine allgemeine, nicht auf Fabriken beschränkte Beleuchtung sollte ein lukratives Geschäftsmodell sein. Der deutsche Projektemacher Friedrich Albert Winsor gründete 1805 in London eine Gaskompagnie, die den Beteiligten hundertfachen Gewinn versprach. Er propagierte als erster die Idee einer Versorgung der Konsumenten aus einer Zentrale mittels Leitungsröhren nach dem Muster der Wasserversorgung. Um diesen Plan zu verwirklichen, sollte die Technik der Anlagen zur Gasreinigung und –messung genutzt werden, die von dem Gaspionier Samuel Clegg für die Industrie konstruiert wurden. Im Jahr 1807 nahm Friedrich Albert Winsor in der Londoner Pall Mall die erste Straßenbeleuchtung mit Gas in Betrieb. Nachdem seine Gasgesellschaft vom englischen König das Vorrecht erhalten hatte, das Gebiet um Westminster mit

Gas zu versorgen, erstrahlten im Dezember 1813 auf der Westminster Brücke und im zugehörigen Stadtteil St. Margaret's die ersten Gaslaternen – die Geschichte der öffentlichen und leitungsgebundenen Energieversorgung hatte mit Gas für Licht begonnen.

### Vom Kokereigas zum Erdgas in Deutschland

In Deutschland gab es nur spärliche Erdöl- und Erdgasvorkommen. Bis ins zwanzigste Jahrhundert wurde hier mit Kokereigas gearbeitet, gekocht und beleuchtet. Bei einer Bohrung nach Wasser in Neuengamme bei Hamburg stieß man 1910 auf den Rohstoff. Das dort gefundene Erdgas wurde von 1912 bis 1918, als diese Erdgasquelle versiegte, dem Stadtgas im Gasversorgungsnetz Hamburgs beigemischt. Ebenfalls zufällig wurden 1938 in der Grafschaft Bentheim Erdgasvorkommen gefunden. Das Reichswirtschaftsministerium stellte sich vor, dass dieses Erdgas für die im gleichen Jahr gegründeten Chemischen Werke Hüls in Marl genutzt werden sollte. Dort wurde synthetischer Kautschuk (Buna) für die Kriegsverwendung produziert. 1944 hatte Ruhrgas eine 75 km lange Erdgasleitung hin zu dieser Chemiefabrik fertiggestellt, wo das

### Querverweise

Stadtgas –  
was ist das?

Ihre Notizen für den Unterricht



Erdgas als Chemierohstoff genutzt wurde.

In der DDR wurden 1968 bei Salzwedel in der Altmark große Erdgasvorkommen entdeckt und erschlossen. Bereits im Jahr 1975 konnten neun Milliarden Kubikmeter gefördert werden, was der Hälfte des Erdgasbedarfs der DDR entsprach. Mit 12,5 Mrd. m<sup>3</sup> erreichte man 1985 ein Maximum. Allerdings hatte dieses Erdgas einen geringen Methangehalt und musste mit Kokereigas vermischt werden, um den erforderlichen Brennwert zu erreichen.

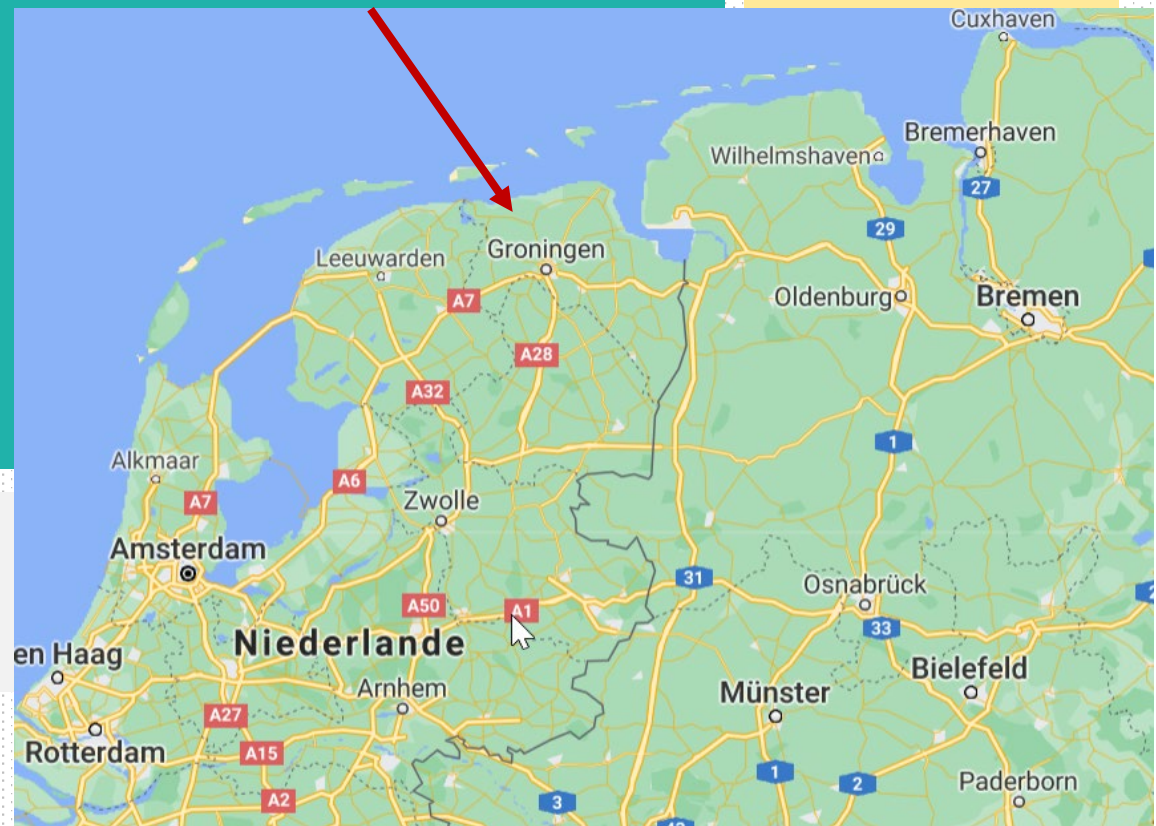
### Erdgas aus Holland ermöglicht den Ausbau der europäischen Gasindustrie

Am 29. Juli 1959 bohrte die Niederlande Aardolie Maatschappij (NAM) mit „Slochteren I“ in einem Zuckerrübenfeld bei Groningen ein Gaslager an. Die Techniker hatten eines der größten Erdgasvorkommen der Welt entdeckt. Die Ergiebigkeit des Feldes lag weit über dem Eigenbedarf der Niederlande, die bis dahin Kokereigas aus dem Ruhrgebiet bezogen hatten. Die reichen Vorkommen eröffneten glänzende geschäftliche Perspektiven. Die Thyssengas und die Ruhrgas AG bezogen seit

1963 bzw. 1965 holländisches Erdgas. Mit seinem niedrigen Preis und seinem höheren Brennwert war Erdgas zunächst für die Verbraucher von Prozesswärme in der Chemie- und Schwerindustrie eine Alternative zum Kokereigas. Das günstige Erdgas stabilisierte die Gasindustrie auch auf dem Wärmemarkt. Dazu kam das Interesse staatlicher Energiepolitik, sich bei den Energiebezugsquellen viele Optionen offen zu halten. Nach diesem Jahrhundertfund in Groningen, war die Verdrängung des Kokereigases aus der öffentlichen Versorgung nicht mehr aufzuhalten.

### Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht



Nachdem 1970 mit der Sowjetunion als Element der deutschen Entspannungspolitik das so genannte Erdgas-Röhren-Geschäft abgeschlossen worden war, begann 1973 die Erdgaslieferung aus Russland an die Ruhrgas AG. Das Erdgas wurde zunächst mit der Lieferung von 1,2 Mio. t Mannesmann-Großrohren für eine 2.000 km lange Pipeline bezahlt. Die DDR bezog seit 1973 ebenfalls Erdgas aus Russland. Zuletzt war der Bezug von acht Milliarden Kubikmetern jährlich vereinbart. Dieses russische Erdgas wurde aber größtenteils für industrielle Zwecke verwendet, ebenso ein einheimisches Erdgas-Vorkommen bei Magdeburg, das wegen seines hohen Schwefelgehalts einen erheblich geringeren Brennwert hatte.

Während die Haushalte Westdeutschlands schon Anfang der siebziger Jahre weitgehend auf Erdgas umgestellt waren, kochte der typische DDR-Haushalt weiterhin mit Kokerigas, das aus dem Kombinat „Schwarze Pumpe“ stammte und über das Leitungsnetz der Verbundnetz Gas (VNG) verteilt wurde.

Im Jahr 1977 begann die Erdgaslieferung aus den

Ekofiskfeldern der norwegischen Nordsee in die Bundesrepublik. Zu den deutschen Erdgasbezugsquellen gehören auch die inländischen Vorkommen in Norddeutschland, die seit den sechziger Jahren erschlossen wurden. Die inländische Förderung von Erdgas war bis dahin sehr gering gewesen. Sie betrug 1966 etwa sechs Prozent des gesamten Gasaufkommens. Dieses Erdgas wurde fast durchweg für industrielle Zwecke oder zur Stromerzeugung verbraucht.

### **Auch damals machte eine Stadt den ersten Schritt**

Ende der fünfziger Jahre wurde im Landkreis Cloppenburg Erdgas gefunden. Kurz vor Weihnachten 1959 wurde in einem Innenstadtareal Erdgas zur Beheizung eines Hallenschwimmbades benutzt. Als erste deutsche Stadt stellte die Energieversorgung Weser-Ems AG (EWE) als Gasversorger Oldenburg dann komplett auf Erdgas um.

Da Erdgas einen weit höheren Heizwert, andere Zündigenschaften und Brenngeschwindigkeiten als Stadtgas hat und einen höheren Betriebsdruck erfordert, mussten

### Querverweise

Ihre Notizen für den Unterricht



die technischen Anlagen bei der Umstellung auf Erdgas verändert werden. Für den Betrieb mit Erdgas mussten Gasherde, Gasheizgeräte und Gasbadeöfen mit neuen Düsen und Dichtungen bekommen. Wenn keine Zündsicherung, die verhindert, dass Gas ohne Verbrennung ausströmt, vorhanden war, wurde das Gerät ausgetauscht. Auch das Leitungsnetz musste den neuen Bedingungen angepasst werden.

Die Umstellung weiterer Städte von Stadtgas auf Erdgasversorgung geschah in Westdeutschland zwischen 1965 und 1975, zum Beispiel 1965 in Recklinghausen als erster Stadt im Ruhrgebiet. Noch 1968 wurden erst etwa zehn Prozent der Haushalte in der Bundesrepublik mit Erdgas versorgt. Mitte der neunziger Jahre war das Stadtgas auch in Ostdeutschland verschwunden – in Leipzig erlosch 1995 die letzte Stadtgasflamme.

Das Erdgas aus Holland hatte einen annähernd doppelt so hohen Heizwert wie das bisher verwendete Stadtgas. Ein besonderer Vorteil war, dass ihm das für den Menschen tödliche Kohlendioxid fehlte. Zur Geruchserkennung

wurde ihm der Stoff Tetrahydrothiophen zugesetzt, der schon in geringsten Mengen einen starken charakteristischen Gasgeruch hervorruft, aber geruchlos verbrennt.

### **Westberlin bleibt aus politischen Gründen beim Stadtgas**

Ende der siebziger Jahre konnte die Umstellung auf Erdgas als abgeschlossen gelten. Die wichtigste Ausnahme bildete Westberlin und ganz Ostdeutschland, wo man beim Kokereigas blieb und viele Seitenstraßen weiterhin vom schummerigen Licht der Gaslaternen erhellt wurden. Eine Erdgas-Versorgung aus Holland oder Norddeutschland war hier aus politischen Gründen nicht möglich.

### Querverweise



Gasrohre aus Kunststoff lösten die alten Gussleitungen ab



Erdarbeiten an Erdgasfernleitungen

Ihre Notizen für den Unterricht

### Und was ist parallel dazu beim Wasserstoff passiert?

Das chemische Element Wasserstoff wurde von dem englischen Wissenschaftler Henry Cavendish im Jahre 1766 entdeckt, als er mit Metallen und Säuren experimentierte. Cavendish nannte das dabei entstandene Gas „inflammable air“ (brennbare Luft). Auf ähnliche Weise erzeugten allerdings schon im 17. Jahrhundert Théodore Turquet de Mayerne (um 1620) und Robert Boyle (um 1670) Knallgas, einer Mischung aus gasförmigem Wasserstoff ( $H_2$ ) und Sauerstoff ( $O_2$ ). Beim Kontakt mit Glut oder Funken erfolgt die sogenannte Knallgasreaktion.

Genauer analysiert hat das Element der mit Cavendish im Austausch stehenden französischen Wissenschaftler Antoine Laurent de Lavoisier, der den Wasserstoff als „Wasser erzeugenden Stoff“ oder „Hydrogen“ bezeichnete und ihm damit seinen heutigen Namen gab. Der Engländer Cavendish hatte erkannt, dass bei der Verbrennung von Wasserstoff Wasser in Form von Wasserdampf entsteht. Der Franzose Lavoisier zeigte dann in aufsehenerregenden Experimenten, dass es ein eigenständiges Element war und Bestandteil des Wassers, das man damals

vielfach selbst noch für elementar gehalten hatte. Er leitete Wasserdampf in einer abgeschlossenen Apparatur über glühende Eisenspäne und ließ ihn an anderer Stelle kondensieren. Dabei stellte er fest, dass die Masse des kondensierten Wassers etwas geringer war als die der ursprünglichen Menge. Dafür entstand ein Gas, dessen Masse zusammen mit dem Gewichtszuwachs des oxidierten Eisens genau der „verloren gegangenen“ Wassermenge entsprach.

Lavoisier untersuchte das entstandene Gas weiter und führte die Knallgasprobe durch, wobei das Gas verbrannte. Der Wasserstoff war gefunden – aber er konnte noch lange nicht in großen Mengen produziert werden.

Warum war das so? Welche technischen Herausforderungen konnte man damals noch nicht lösen und müssen zum Teil auch heute noch entwickelt werden?

### Querverweise



Henry Cavendish 1731 -1810



Antoine und Marie Laurent de Lavoisier, 1788

Ihre Notizen für den Unterricht