Zeitschrift: Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 7 (1914-1915)

Heft: 16-17

Artikel: Die Verwendung der Elektrizität zu elektrochemischen und elektrometallurgischen Zwecken

Autor: Härry, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920070

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT

OFFIZIELLES ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN WASSERWIRTSCHAFTSVERBANDES

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK, WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFAHRT .·. ALLGEMEINES PUBLIKATIONSMITTEL DES NORDOSTSCHWEIZERISCHEN VERBANDES FÜR DIE SCHIFFAHRT RHEIN-BODENSEE

GEGRÜNDET VON DR O. WETTSTEIN UNTER MITWIRKUNG VON a. PROF. HILGARD IN ZÜRICH UND ING. GELPKE IN BASEL

Erscheint monatlich zweimal, je am 10. und 25.
Abonnementspreis Fr. 15.— jährlich, Fr. 7.50 halbjährlich
Deutschland Mk. 14.— und 7.—, Österreich Kr. 16.— und 8.—
Inserate 35 Cts. die 4 mal gespaltene Petitzeile
Erste und letzte Seite 50 Cts. ro Bei Wiederholungen Rabatt

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄRRY, Sekretär des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in ZÜRICH
Telephon 9718 .·. .·. .·. Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich
Verlag und Druck der Genossenschaft „Züricher Post"
Administration in Zürich 1, Peterstrasse 10
Telephon 3201 .·. .·. Telegramm-Adresse: Wasserwirtschaft Zürich

№ 16/17 ZÜRICH, 10. Juni 1915 VII. Jahrgang

Inhaltsverzeichnis:

Die Verwendung der Elektrizität zu elektrochemischen und elektrometallurgischen Zwecken — Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband — Schiffahrtsverbände — Wasserrecht — Wasserkraftausnutzung — Wasserbau und Flusskorrektionen — Schiffahrt und Kanalbauten — Elektrochemie — Geschäftliche Mitteilungen — Zeitschriftenschau.

Die Verwendung der Elektrizität zu elektrochemischen und elektrometallurgischen Zwecken.

Bericht
über die VIII. Diskussionsversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 15. Mai 1915 in Luzern.

In Anwesenheit von etwa 80 Mitgliedern und Gästen eröffnet Herr Regierungsrat Dr. Keller in Zürich in Vertretung des II. Vizepräsidenten um $3^1/_2$ Uhr die Versammlung. Er heisst die Anwesenden herzlich willkommen und erteilt das Wort Herrn Prof. Dr. Baur in Zürich zu seinem Vortrag über:

Die Verwendung der Elektrizität zu elektrochemischen und elektrometallurgischen Zwecken.

Der Vortragende führt aus:

Mit Vergnügen folge ich der ehrenden Aufforderung Ihres Vorstandes, einen Vortrag zu halten über die elektrochemischen Verwendungsmöglichkeiten der Wasserkräfte.

Vor zwei Jahren hat Ihnen Herr Ingenieur Härry[1]) dargelegt, dass die ausnutzbaren Wasserkräfte der Schweiz 2—2,5 Millionen konstante Netto-PS. erreichen. Inzwischen ist von den Ingenieuren Ghezzi und Bossard[2]) bei der Schweizerischen Landeshydrographie nachgewiesen worden, dass die Nettoleistungen der bereits bestehenden Wasserkraftanlagen und die noch verfügbaren Wasserkräfte folgendes Bild geben:

Tabelle 1.

Wasserkräfte der Schweiz	Minimal	Mittel	Maximal	Konstant mit Staubecken
Bestehende Wasserkraftanlagen i. J. 1914	306,148	478,916	775,550	
Noch verfügbare Wasserkräfte	884,060	1,402,770	2,557,045	2,225,600

Gesamte Wasserkräfte: 306,000 plus 2,226,000 = 2,532,000 PS.

Zu ihrem Ausbau wären nach H. Maurer[3]) nicht mehr als $2^1/_2$ Milliarden Franken nötig, eine mässige Summe verglichen mit dem, was gegenwärtig für Kriegsführung aufgebracht wird.

Durch diese sorgfältigen, auf breiter Grundlage ruhenden Erhebungen ist die Schätzung von Härry durchaus bestätigt worden. Herr Härry berechnet nun durch geeignete Extrapolationen, dass in 20 Jahren, wenn eine annähernde Sättigung des Landes an elektrischer Energie eingetreten ist, der Bedarf für Licht und Kraft in Industrie und Landwirtschaft auf 780,000

[1]) Die Ausfuhr der Wasserkräfte aus der Schweiz in das Ausland. Bericht über die VI. Diskussionsversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 8. November 1913 in Bern.

In Nr. 1681 und 1683 vom 18./19. Dezember 1914 der Neuen Zürcher Zeitung ist Ingenieur A. Härry auf anderem Wege zu folgenden Schätzungen gelangt:

Die verwertbare Arbeit der 2,53 Millionen Netto-PS. beträgt 18 Milliarden kWh. pro Jahr. Der Bedarf an elektrischer Energie beträgt pro Jahr für die öffentliche und private Beleuchtung 300 Millionen kWh., Bahnbetrieb 1300 Millionen kWh., Kraftversorgung 1500 Millionen kWh., Kochen 2500 Millionen kWh. Es wären also für elektrisches Heizen, Elektrochemie und Export noch rund 12,3 Milliarden kWh. verfügbar.

[2]) Mitteilungen der Abteilung für Landeshydrographie. Nr. 6 und 7. Bern 1914.

[3]) Schweizerische Wasserwirtschaft, IV. Jahrgang, 81 (1912).

PS. angewachsen sein wird. Für die Elektrisierung der Bahnen berechnet sich, ebenfalls durch reichliche Extrapolationen auf den Verkehr, ein Bedarf von 270,000 PS. Wir haben sonach:

Tabelle 2.

Bedarf für Kraft und Licht . .	780,000 PS.
Bahnbetrieb	270,000 „
Wärmeerzeugung, Chemische Industrie und Export	950,000 „
Total	2,000,000 PS. netto konstant

Also fast die Hälfte der vorhandenen Wasserkräfte bleibt für chemische Zwecke und den Export übrig. Das ist eine gewaltige Menge und es fragt sich, kann dieselbe von der chemischen Industrie überhaupt verwertet werden und wozu?

Die Antwort hängt sehr von dem Preise der kWh. ab. Da die elektrochemische Industrie Massenverbraucherin von Strom ist, so braucht sie möglichst billige Stromquellen.

Nach dieser Hinsicht sieht es in der Schweiz nicht allzu gut, aber auch nicht schlecht aus. Nach allgemeiner Annahme dürften etwa folgende Beziehungen gelten:

Tabelle 3.

Art der Betriebskraft	Kosten des kW.-Jahres	Kosten der kWh.
Grosse Wasserkraftanlagen mit grossem Gefälle	Fr.	Cts.
In Norwegen	25	0,3
In der Schweiz und in Österreich . . .	50	0,6
Am Niagara	100	1,2
Dieselmotoren	260—700	3—8
Dampfmaschinen	800—1050	9—12
Gas-, Petrol-, Benzinmotoren	1300	15

Man sagt nun allerdings, dass Wasserkraftunternehmungen in der Schweiz mit einem Preis von weniger als 1 Cts. pro kWh. nicht existieren können. Doch gilt dies wohl nur für die konstant vorhandenen Jahrespferde. Wo aber die überschüssigen Sommerkräfte ausgenutzt werden können, kommen diese billiger. Wie viel diese Sommerkräfte ausmachen, lehrt schon die Gegenüberstellung der minimal und maximal vorhandenen Pferdekräfte in Tabelle 1.

Ferner ist zu bemerken, dass die Kraft- und Lichtwerke täglichen Belastungsschwankungen ausgesetzt sind, so dass auch die konstant vorhandene Kraft nicht völlig ausgenutzt werden kann, indem sowohl während der Nacht als auch um die Mittagsstunde der gewerbliche Kraftverbrauch naturgemäss stark nachlässt (siehe die Abbildungen 1—4).

Hier hätte nun gerade die elektrochemische Technik einzusetzen, sie bekommt den Abfall, sozusagen das elektrische Schweinefutter, und nun soll sie zusehen, wie sie es veredelt. Es ist klar, dass je schwankender der Energiestrom fliesst, umsomehr ist von dem ihn verzehrenden Prozess zu verlangen, dass er im höchsten Masse anspruchslos und anpassungsfähig sei.

Ich will nun der Reihe nach die hauptsächlichsten Objekte der elektrochemischen Grossindustrie durchsprechen. Wir werden sehen, was in der Schweiz und in der Welt gegenwärtig elektrochemisch fabriziert wird und wohin die weitere Expansion führen kann. Einen Überblick über die Grösse der Weltproduktion der wichtigeren Artikel und über den Stromverbrauch gibt Tabelle 4.

Tabelle 4. **Elektrochemische Grossindustrie.**

Prozess	Arbeitende PS.	Erzeugen jährlich	Beziehung zur kWh. (zugleich Stromkosten, wenn 1 kWh. = 1 Cts.)
1. Chloralkalielektrolyse	100,000	167,000 t NaOH (= 230,000 t KOH) + 400,000 t Chlorkalk + 4200 t Wasserstoff (= 92,000 t synthet. Ammonsulfat)	1 kg NaOH = 4 kWh. 1 kg KOH = 2,85 kWh.
2. Chlorat	22,000	18,000 t $KClO_3$ (1908)	1 kg $KClO_3$ = 8 kWh.
3. Kupferraffination	28,000	400,000 t Cu	1 kg Cu = 0,44 kWh.
4. Aluminium	100,000 (investiert 300,000)	24,000 t Al	1 kg Al = 27 kWh.
5. Natrium	10,000 (?)	8,000 t Na	1 kg Na = 8,5 kWh.
6. Luftsalpeter	400,000	40,000 t N (= 310,000 t Kalksalpeter (= 270,000 t Chilesalpeter (= 180,000 t HNO_3)	1 kg N = 65 kWh. (oder: 1000 kg N in Form von synthet. Nitrat = 7,5 kW. Jahre)
7. Kalkstickstoff	75,000	30 t N (= 150,000 t Kalkstickstoff)	1 kg N = 17,5 kWh. (oder: 1000 kg N in Form von Kalkstickstoff = 2 kW. Jahre)
8. Wasserzersetzung	[100,000]	63,000 t H (= 147,000 t NH_3)	1 kg H = 12 m^3 = 100 kWh. (oder: 1000 kg N in Form von synthet. Ammoniak = 3 kWh. aufgerundet)
9. Karbid	135,000 (investiert 363,000)	214,000 t CaC_2	1 kg CaC_2 = 4 kWh. im Abstichbetrieb (= 7 kWh. im Blockbetrieb)
10. Ferrosilizium	60,000	65,000 t FeSi 50 %	1 kg FeSi 50 % = 6 kWh.
11. Carborundum	10,000 (?)	8,000 t SiC	1 kg SiC = 8 kWh.
12. Grafit	3,200 (Niagara Falls)	3,500 t Grafit	1 kg Grafit = 6 kWh.
13. Stahlraffination	3,100 (Deutschland 1909)	20,000 t Stahl	1 kg Stahl = 1 kWh.
14. Roheisen	34,000 (investiert Schweden 1913)	87,000 t Roheisen (Schweden)	1 kg Roheisen = 2,5 kWh.

Die letzte Spalte gibt sogleich die Energiekosten an, wenn die kWh. 1 Cts. kostet. Die Beteiligung der Schweiz ersehen wir aus der Ausfuhr elektrochemischer Produkte auf Tabelle 5.

Tabelle 5.
Elektrochemische Produktion der Schweiz nach der Ausfuhr 1913.

Ware	Erzeugungsort (unter anderen)	Ausfuhr in t	Wert in 1000 Fr.
2. Chlorat	Vallorbe, Turgi	2230	1720
4. Aluminium	Neuhausen	7487	13,500
5. Natrium	Rheinfelden	Prod. 1600	3000
6. Salpetersäure	Chippis	—	—
7. Kalkstickstoff	Gampel etc.	—	—
9. Karbid	Thusis, Flums etc.	31,790	7000
10. Ferrosilizium	Gampel, Biaschina	16,175	7286
11. Carborundum (Schleifmittel)	Biaschina	1065	416

1. Chloralkali-Elektrolyse.

Auf dem Gebiete der Elektrolyse wässeriger Lösungen steht zurzeit die Chloralkali-Elektrolyse obenan. Man gewinnt Ätznatron oder Ätzkali und Chlorkalk. Es ist namentlich der Chlorkalkmarkt, der die Ausdehnung des Verfahrens begrenzt. Wie seine Wirtschaftlichkeit vom Kraftpreis abhängt, zeigt Tabelle 6.[1])

Tabelle 6.
Chloralkali-Elektrolyse.

Wert der Produktion pro Tag:

6,500 kg NaOH zu 240 Mk./t	1560 Mk.
15,500 kg Chlorkalk zu 100 Mk./t	1550 Mk.
Zusammen	3110 Mk.

Kosten:

System	Billiter		Griesheim	
Kraftpreis pro PS.-Jahr	50 Mk.	150 Mk.	50 Mk.	150 Mk.
Kraftkosten pro Tag	172	515	227	678
Sonstiges (NaCl, Kalk, Elektroden, Löhne etc.)	1780	1780	2155	2155
Total	1952	2295	2382	2833

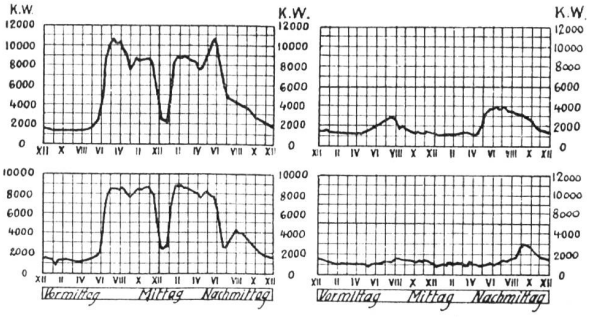
Das Griesheimverfahren ist das älteste, das Verfahren Billiter das jüngste und anscheinend wirtschaftlichste. Beim letzteren hat man ein liegendes Drahtnetz als Kathode und ein Asbesttuch mit Schwerspatpulver als Diaphragma, beides wird von oben nach unten von der Salzlösung durchflossen. Chlor entwickelt sich an liegenden Graphitelektroden, der Wasserstoff wird unten seitlich abgeführt. In der Chloralkali-Elektrolyse arbeiten gegenwärtig weit über 100,000 Jahrespferde. Die Schweiz ist daran noch nicht in sehr fühlbarem Masse beteiligt. Vielleicht findet aber die Schweizerische Rheinsalinen A.-G. Veranlassung, diese Industrie in ihre Betriebe aufzunehmen. Vermutlich ist die Schiffbarmachung des Rheins bis Schaffhausen eine nötige Vorbedingung.

2. Chloratdarstellung.

Chlorate werden zur Fabrikation der Zündhölzer und auch zu Sprengstoffen gebraucht. Ihre elektrolytische Darstellung ist von Gall und Montlaur Ende der 80er Jahre zuerst in Vallorbe in grossem Maßstabe ausgeführt worden. In den 90er Jahren hat sich daraus eine wesentlich französische Industrie in Savoyen (St-Michel de Maurienne und Chedde) entwickelt. Gegenwärtig ist die Schweiz zu etwa 10 % an der Welterzeugung beteiligt, wie die Ausfuhrstatistik auf Tabelle 5 im Vergleich mit Tabelle 4 zeigt. Da der Stromverbrauch gross und das Verfahren sonst sehr einfach ist, so spielt jener eine grosse Rolle für die Rentabilität.

Abb. 1. **Elektrizitätswerke des Kantons Zürich. Zeitlicher Verkauf der gesamten Energieproduktion**

an einem Winterwerktag 7. I 1913 — an einem Wintersonntag 21. XII. 1913



an einem Sommerwerktag 5. IX. 1913 — an einem Sommersonntag 8. VI. 1913

3. Kupferraffination.

Ein grosses Gebiet elektrochemischer Betätigung ist die Metallraffination. An Bedeutung steht die elektrolytische Kupferraffination obenan. Es werden jetzt etwa 400,000 t Cu jährlich elektrolytisch raffiniert. 1902 waren es in den Vereinigten Staaten allein 280,000 t, wobei für 13 Millionen $ Silber und für 5 Millionen $ Gold als Nebenprodukte gewonnen wurden, welche die Kosten der Raffination voll bezahlt machen.

Ich führe diese Technik nur nebenher an; denn sie hat für die Schweiz keine Bedeutung, da es bei uns weder Kupfer noch andere Metalle zu raffinieren gibt. Vom Standpunkte der Wasserkraftnutzung ist indessen, wie Tabelle 4 ausweist, der Ausfall nicht gross, da die Raffination nur wenig Energie braucht, und also überhaupt nicht an Wasserkräfte gebunden ist.

4. Aluminium.

Gehen wir nun zur Schmelz-Elektrolyse über, so tritt uns als deren vornehmster Vertreter die Industrie des Aluminiums entgegen, in der 300,000 PS. investiert sind. Nachdem die Aluminium Industrie A.-G. Neuhausen zuerst 1890 grössere Mengen Aluminium in den Handel gebracht hatte, besitzt die Schweiz bis heute einen bedeutenden Anteil an der Weltproduktion dieses Metalles. Die Fabrikation war namentlich im letzten Dezennium rasch steigend, und sie ist noch lange nicht an ihrer Sättigungsgrenze angelangt. Ja man kann sagen, die Nachfrage wäre unbegrenzt, wenn der Preis des Aluminiums weiterer

[1]) Vergl. Billiter, Die elektrochemischen Verfahren der chemischen Grossindustrie, Band II, Seite 323—326, Halle 1911.

Reduktion fähig wäre. Wie das Preisverhältnis der gebräuchlichsten Metalle zueinander sich verhält, zeigt Tabelle 7.

Tabelle 7.
Preise der Metalle.

	Preis per kg in Mk.	Preise gleicher Räume
Sn	2,4—2,7	6,6—7,4
Cu	1,0—1,5	3,4—5,0
Messing	1,0—1,2	3,1—3,8
Al	2,00	2,00
Pb	0,3—0,3	1,0—1,5
Zn	0,3—0,4	1,0

Da es sich bei den Gebrauchsgegenständen meist um das Volumengewicht handelt, so sieht man, dass eigentlich nur Blei und Zink billiger sind als Aluminium, natürlich vom Eisen abgesehen.

Um nun den Preis des Aluminiums, in dem etwa für 30 Cts. pro kg reine Kraftspesen stecken, weiter zu verbilligen, müsste man über billigeres Ausgangsmaterial verfügen. Die Darstellung des Metalles geschieht ja so, dass in einem schmelzflüssigen Bade reine Tonerde aufgelöst wird; diese wird durch den Strom in ihre Elemente zerlegt. Die Tonerde wird aus dem Mineral Bauxit gewonnen, eine mit etwas Eisenoxyd verunreinigte Tonerde, wie die Analyse auf Tabelle 8 zeigt.

Tabelle 8.
Analysen natürlicher Tonerden.

	Bauxit	Laterit[1])
SiO_2	0,93	0,37
Al_2O_3	67,88	43,83
Fe_2O_3	4,09	26,61
CaO	0,36	0,86
TiO_2	1,04	4,45
H_2O	26,47	23,88
Summe:	100,77	99,70

Vielleicht wird es in Zukunft möglich sein, die in den Tropen in weiter Verbreitung vorkommenden Laterite, das sind stärker mit Eisenoxyd verunreinigte Tonerden, in rentabler Weise auf reine Tonerde zu verarbeiten. Dann würde die Aluminiumindustrie noch einen weit grösseren Aufschwung nehmen. Eine Zeitlang hatte man den Eindruck, dass es möglich sein würde, die Reinigung der Tonerde über das Aluminiumnitrid nach Serpek vorzunehmen, wobei Ammoniak als Nebenprodukt erhalten wird, das die Kosten der Operationen decken würde. Doch scheint bis jetzt noch kein endgültiger Erfolg gewonnen zu sein.

5. Natrium.

Natrium gewinnt man durch die Elektrolyse des geschmolzenen Ätznatrons. Lange Zeit war der Apparat des Amerikaners H. J. Castner der herrschende, bis er neuerdings durch eine Anordnung Hulins (D. R. P. 224,853) übertroffen wurde. Hulin gebraucht eine Kathode, die wie eine mehrzinkige Gabel gestaltet ist und beweglich von oben in das Bad eingetaucht wird. Es werden dadurch gewisse spezielle Vorteile erreicht, auf die einzugehen zu weitläufig wäre.

Mit schweizerischer Wasserkraft wird ziemlich viel Natrium in Rheinfelden fabriziert. Nach vorhandenen Angaben auf das Ganze zu schliessen, dürfte die heutige Welterzeugung wohl 8000 t betragen.

Der grösste Teil wird auf Natriumperoxyd für die Bleicherei, auf Cyannatrium für die Goldextraktion, und auf Natriumamid für die Indigosynthese verarbeitet. Es ist möglich, dass sich hier in naher Zukunft merkliche Verschiebungen geltend machen, indem synthetische Blausäure und Natriumoxyd als Konkurrenten auftreten. Aber die Blüte der elektrochemischen Technik wird hiedurch keine Einbusse erleiden, da die angedeuteten Prozesse ebenfalls elektrochemischer Natur sein werden.

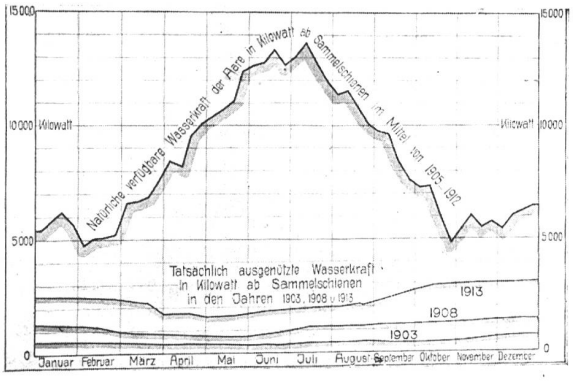


Abb. 2. **Die natürliche verfügbare Leistung der Aare bei Aarau im Vergleich zur tatsächlichen Ausnutzung durch das Elektrizitätswerk Aarau in ihrem jährlichen Verlauf** (typisch für alle ähnlichen Anlagen in der Schweiz).

6. Luftsalpeter.

Zu den grossartigsten Unternehmen der gegenwärtigen elektrochemischen Technik gehört die Darstellung von Luftsalpeter. Bekanntlich ist die moderne Landwirtschaft in den Kulturländern unersättlich an stickstoffhaltigen Düngemitteln. Gegenwärtig wird das Bedürfnis der Landwirtschaft durch eine jährliche Anfuhr von über 2,350,000 t Chilesalpeter im Werte von 700 Millionen Fr. und von 1,000,000 t Ammonsulfat aus der Verkohlung der Steinkohle im Werte von 365 Millionen Fr. befriedigt. Um die Wende des Jahrhunderts bestand die Gefahr, eine Erschöpfung der Salpeterlager möchte die ganze Weltwirtschaft in Frage stellen. Diese Gefahr ist heute durch die chemische Wissenschaft beseitigt. Wir sind jetzt im Besitze von drei grossen Verfahren, um aus dem Stickstoff der Luft die für die Landwirtschaft nötigen Verbindungen in beliebigen Mengen herzustellen. Die drei so gewonnenen Produkte sind: 1. Der Kalksalpeter, 2. der Kalkstickstoff, 3. das synthetische Ammoniak. Die zwei ersten Verfahren sind notwendig elektrochemische, das dritte kann wenigstens als fakultativ elektrochemisch bezeichnet werden. Hierdurch ist nun der elektrochemischen Technik ein ungeheures Feld eröffnet, das unbegrenzt ist, jedenfalls aber

[1]) Indisches Vorkommen, Analysen von H. u. F. J. Warth.

grösser als alle anderen elektrochemischen Verfahren zusammengenommen.

Bei der Fabrikation von Kalksalpeter oder freier Salpetersäure bedient man sich der Bildung von Stickoxyd im elektrischen Flammenbogen. Es gibt vier Methoden, um hiezu geeignete Flammenbogen herzustellen: 1. Die fadenförmige Luftflamme nach Schönherr, 2. die Luftflamme im Hörnerblitzableiter nach Pauling, 3. und 4. die magnetischen Flammenscheiben nach Birkeland und Moscicki.

Die folgende Tabelle 9 gibt eine Übersicht über die Leistung der verschiedenen Verfahren:

Tabelle 9.

Verfahren	Ausbeute in HNO_3 pro kWh.	Preis der kWh. in Cts.	Stromkosten pro kg N. in Pfennig
Moscicki	?	0,30	15
Pauling	60	0,60	30
Birkeland	70	1,20	60
Schönherr	75		

Danach berechnen sich die Stromkosten pro kg gebundenen Stickstoffs, wie die dritte und vierte Spalte der Tabelle ausweist.

Nun wird von Birkeland-Eyde angegeben, dass die gesamten übrigen Kosten zur Darstellung von Kalksalpeter 45 Pfg. pro kg N betragen, so dass der gesamte Gestehungspreis 60 beziehungsweise 105 Pfg. ausmacht. Vergleichen wir damit den Marktwert von 1 kg N als Kalksalpeter nach Tabelle 10, so wird ersichtlich, dass die Fabrikation nur da aussichtsvoll sein kann, wo die kWh. weniger als 0,5 Cts. kostet.

Tabelle 10.[1])

Ware	Prozentgehalt an N	Preis pro t in Mk.	Preis pro kg N in Mk.
Chilesalpeter . .	15	200	1,20
Kalksalpeter . . .	13	160	1,23
Ammonsulfat . . .	20	230	1,05
Kalkstickstoff . . .	20	220	1,00
Salpetersäure rein .	22	570	2,60
Salpetersäure 60 %	13	—	1,70
Natriumnitrit . . .	20	—	1,80
Luftstickstoff . . .	100	—	0,03

Somit ist die Fabrikation des Kalksalpeters zurzeit auf die Orte beschränkt, wo die billigsten Wasserkräfte in der nötigen Ausgiebigkeit zur Verfügung stehen. Das ist gegenwärtig Norwegen. Dort sind nun auch Einrichtungen grössten Maßstabes für diese Industrie getroffen worden. Schon sind am Rjukan Fos 250,000 PS. ausgebaut worden, und wenn die im Bau befindlichen Wasserkräfte am Tyn und Matre hinzugekommen sind, so werden 400,000 PS. für den „Norge"-Salpeter zur Verfügung stehen.

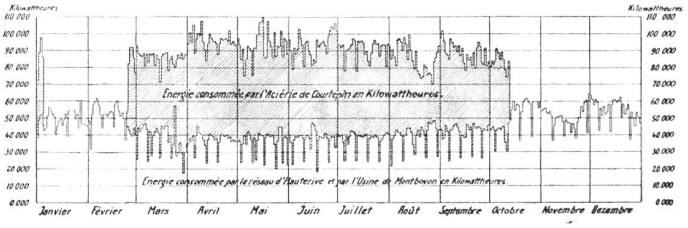
1911 wurden 25,000 t „Norge"-Salpeter hergestellt. Die Menge Stickstoff, die man mit 400,000 PS. binden kann, entspricht 270,000 t Chilesalpeter jährlich. Dies sind erst wenig über 10 % des Weltbedarfs. Man erkennt, welch ausserordentliche Bauten nötig sind, um die Naturprodukte zu ersetzen.

[1]) Brion, Luftsalpeter, Göschen. Leipzig 1912.

Die Schweiz kann vorläufig nicht gut daran denken, hier mitzumachen. Dagegen zeigt ein Blick auf die Tabelle 10, dass die Darstellung von Salpetersäure und von Nitrit für den Bedarf der chemischen Industrie mit unseren Wasserkräften bequem durchführbar ist. In der Tat sind bei Chippis im Wallis drei Werke (das Navicance-, Rhone- und Borgnewerk) mit zusammen 100,000 PS. erstellt worden, die Salpetersäure nach dem Verfahren Moscicki erzeugen sollen. Demselben Zwecke dienen ausserhalb der Schweiz 45,000 PS., die nach Pauling auf Salpetersäure arbeiten. Wenn diese Anstalten erst völlig in Betrieb sind, so werden sie hinreichen, um zum Beispiel den grösseren Teil des Bedarfes der deutschen Farbstoff- und Sprengstoffindustrie an Salpetersäure zu decken.

Ich glaube aber doch, dass man schliesslich auch bei uns Kalksalpeter machen wird. Die elektrischen Luftflammen haben nämlich die angenehme Eigenschaft, dass man sie beliebig ein- und ausschalten

Abb. 3. **Production et utilisation de l'énergie électrique en 1908 de l'entreprise Thusy-Hauterive.**
Un exemple pour l'utilisation des forces d'été.



Energie consommée par l'Aciérie de Courtepin = 11,682,780 kWh.
Energie totale produite à Hauterive = 28,289,032 kWh.

kann. So bekommt die elektrische Luftverbrennung die wertvolle Eigenschaft, dass sie intermittierend vorhandene Kräfte aufnehmen kann. Solche sind, wie schon eingangs erwähnt, bei allen Kraft- und Lichtwerken nachts und während der Mittagspause vorhanden. Von der Elektrochemie wird verlangt, dass sie Verfahren liefere, die diese Reste und Überschüsse aufarbeitet. Der Preis solcher Kräfte kann oft mit erheblich weniger als 1 Cts. pro kWh. angesetzt werden, sodass der Elektrochemiker von vorneherein keinen unmöglichen Verhältnissen gegenübersteht.

Eine weitere Bedingung ist, dass die technische Einheit, mit der ein solches Verfahren arbeitet, nur mässig gross sei, da es sich sonst nicht eng genug an die Stromschwankungen anschmiegen kann. Auch diese Bedingung erfüllt die Luftverbrennung, da zum Beispiel die Öfen nach Pauling nur für 6—700 kW. und diejenigen nach Moscicki, Birkeland und Schönherr für zum Beispiel 1000 kW. gebaut werden. Zum Vergleich diene, dass zum Beispiel Öfen für Kalziumkarbid 10—20 mal mehr verbrauchen.

Es wäre also wohl möglich, dass Luftsalpeter in diesem Zusammenhange auch bei uns eine Zukunft hätte, wenn er nicht durch ein anderes Verfahren, auf das ich alsbald komme, überboten wird.

7. Kalkstickstoff.

Auf die Luftverbrennung wirkt es stark beeinträchtigend, dass der Stromverbrauch so hoch ist. Wir brauchen 7,5 kW.-Jahre für die Fixierung von 1000 kg Stickstoff. Viel besser sieht es in dieser Hinsicht bei dem zweiten der oben genannten Verfahren aus, beim Kalkstickstoff. Wenn, wie es wünschenswert wäre, mit 100 kg Stickstoff pro Hektar gedünkt würde, vermöchte die Schweiz allein, wie Prof. Ph. A. Guye[1]) in Genf berechnet, bei 700,000 ha Ackerland 350,000 t Kalkstickstoff zu konsumieren, was einem Aufwand von 700,000 PS. entspräche.

Kalkstickstoff gewinnt man beim Überleiten von Stickstoff über gemahlenes Kalziumkarbid bei heller Rotglut. Der elektrochemische Teil des Verfahrens besteht also im Karbidprozess. Aber auch die nachträgliche Erhitzung kann durch den Strom besorgt werden. Rechnet man beides zusammen, so kommt man auf rund 2 kW.-Jahre für die Tonne gebundenen Stickstoffs. Für die alpinen Wasserkräfte empfiehlt sich danach weit mehr, auf Kalkstickstoff zu arbeiten, der als Dünger den Salpeter in sehr vielen Fällen nahezu vollwertig ersetzen kann. Für die Kalkstickstoffindustrie hat sich ein Syndikat gebildet, die „Verkaufsvereinigung für Stickstoffdünger". 1912 soll die Produktion bereits 150 000 t betragen haben[2]).

Die Schweiz ist an dieser Industrie beteiligt, da sowohl das Wallis, als das Tessin Produzenten von Kalkstickstoff sind. Wieviel gegenwärtig erzeugt wird, ist nicht bekannt geworden. Zweifellos ist, dass das Verfahren weitester Ausdehnung fähig ist.

8. Wasserstoff.

Ich schliesse hier die Besprechung einer Technik an, die mit dem synthetischen Ammoniak, dem dritten der vorerwähnten Verfahren zur Kunstdüngererzeugung, in Zusammenhang gebracht werden kann, aber auch abgesehen davon grössere Bedeutung erlangen kann. Es ist die Elektrolyse des Wassers. Sie gehört heute noch nicht zu den Grossbetrieben der Elektrochemie, doch hat sie vielleicht darauf Anwartschaft.

Die Elektrolyse des Wassers wird heute für die Zwecke der Luftschiffahrt ausgeübt, und um Knallgas für die autogene Schweissung zu erhalten. Einen besonders kompendiösen und geschickten Apparat baut die Maschinenfabrik Oerlikon nach den Angaben von Dr. O. Schmidt.

Der Apparat sieht aus wie eine Filterpresse und besteht aus vielen durch Diaphragmen getrennten Kammern, in denen sich abwechselnd Sauerstoff und Wasserstoff entwickeln, die man in Gasometern auffängt.

Für den Selbstkostenpreis von 1 m^3 berechnet sich nach Garuti 40 Cts., nach Schuckert 25 Cts. bei einem Kraftpreis von 1 Cts. pro kWh. Rechnet man aber nur die Energiekosten, so kommt der m^3 Wasserstoff auf 8 Cts., im Elektrolyseur Schmidts sogar nur auf 6 Cts. Der Forschung verbleibt hier noch ein bedeutender Spielraum für Verbesserungen. Wenn wir nämlich imstande wären, die sogenannte „Überspannung" der Wasserelektrolyse zu vermeiden, was theoretisch nicht unmöglich ist, so würde der Energieaufwand für 1 m^3 Wasserstoff bis auf etwa 4 kWh. herabgedrückt werden.

Somit scheint es doch nicht ausgeschlossen, dass man noch dazu gelangen wird, die elektrolytische Wasserzersetzung zur Aufspeicherung der Wärme zu verwenden. Man lässt die Sommerkräfte auf Wasserstoff arbeiten und füllt grosse Gasometer, aus denen man das Gas im Winter zu Heiz- oder zu Leuchtzwecken entnimmt. Auch könnte man in Kraftzentralen in denjenigen Tageszeiten, wo die Zentrale nicht voll beansprucht ist, also während der Nacht und der Mittagspause neben oder an Stelle von Akkumulatoren Wasserzersetzer einschalten. Die Wasserzersetzung eignet sich zur Verwertung von Resten und Überschüssen an Kraft namentlich deswegen, weil sie jeden Augenblick ein- und ausgeschaltet werden kann und weil sie beliebig kleine oder grosse Energiemengen aufnehmen kann. Sie besitzt also gerade jene Anpassungsfähigkeit, die man vom idealen elektrotechnischen Prozess verlangen muss.

Die Schweiz verbraucht gegenwärtig etwa 100,000 t Kohle zur Leuchtgaserzeugung[3]), die 36 Millionen m^3 Leuchtgas geben mögen[4]). Rechnet man auf 100 kg Kohle 36 m^3 Leuchtgas mit einem Heizwert von 5000 Wärmeeinheiten/m^3, so entspricht obige Leuchtgasmenge 4900 t Wasserstoff, zu deren elektrolytischer Erzeugung rund 79,000 PS. nötig sind, und deren Ansammlung 123 Gasometer zu 50,000 m^3 erheischen. Man erkennt, dass die erforderlichen Anstalten nicht gerade unsinnige Dimensionen annehmen würden. Aber man muss im Auge behalten, dass die Energiespeicherung nach diesem Prinzip keine ideale ist, da das kalorische Äquivalent der zur Wasserzersetzung nötigen elektrischen Energie bei der nachherigen Verbrennung höchstens zu 50% zurückerhalten wird. Aber da sind noch Verbesserungen möglich.

Näher als die Wärmespeicherung liegt meiner Ansicht nach die Verwertung der Wasserelektrolyse zur Stickstoffbindung. Ammoniak kann man elektrochemisch auf dem Wege über Kal-

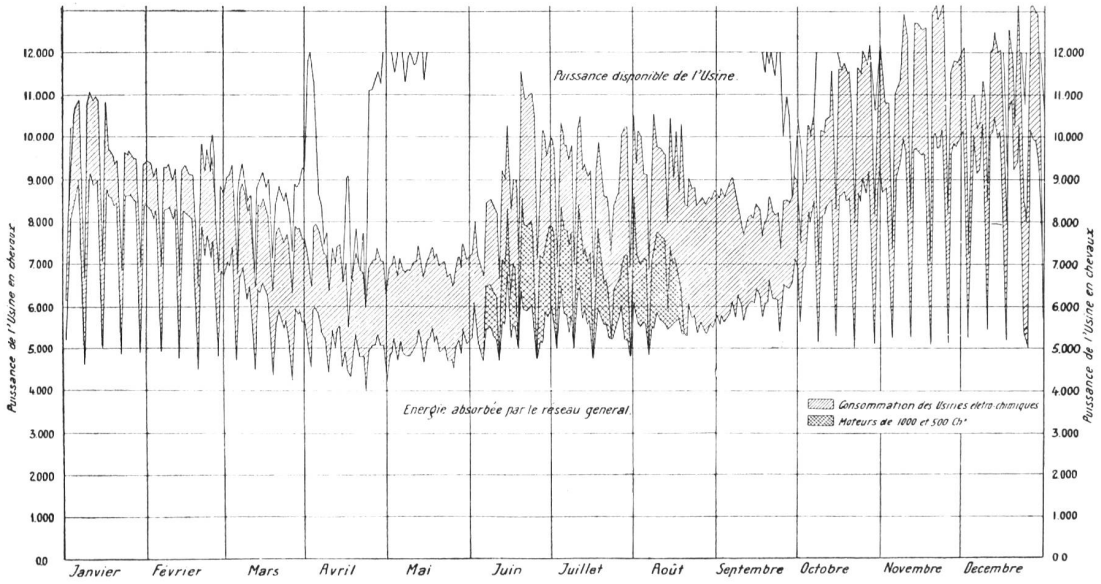
[1]) Ph. A. Guye, La Suisse peut-elle vendre de l'énergie électrique à l'étranger. Schweiz. Wasserwirtschaft V. Jahrgang 1913, S. 232.

[2]) Vergleiche Guye, loc. cit.

[3]) Vergl. Ing. A. Härry, Die wirtschafliche Bedeutung unserer Wasserkräfte, Neue Zürcher Zeitung 1914, Nr. 1681.

[4]) 1913 wurden von den Schweizer Gaswerken insgesamt 160 Millionen m^3 Gas aus Steinkohle erzeugt. Vergl. E. Ott., Schweiz. Bauzeitung 65, 163 (1915).

Abb. 4. **Production et utilisation de l'énergie électrique en 1911 de l'usine de Chèvres à Genève.**
Un exemple pour l'accomodation de l'électro-chimie au production de l'énergie des usines électriques et de l'utilisation des forces d'été.



ziumkarbid und Kalkstickstoff gewinnen. Weit eleganter ist es aber, das Ammoniak synthetisch zu bereiten aus dem Wasserstoff des Wassers und dem Stickstoff der Luft. Dies geschieht neuerdings nach dem Verfahren von Haber in der badischen Anilin- und Sodafabrik, die wahrscheinlich in diesem Jahre in der Lage sein wird, einen grossen Teil des Stickstoffbedarfes Deutschlands zu decken. Habers Verfahren ist der bedeutendste technologische Erfolg, den die physikalische Chemie bis jetzt davongetragen hat. Es ist interessant zu sehen, wie hier eine Technik bis zum letzten Knopf rein theoretisch erschlossen und entwickelt wurde. Das technologisch Merkwürdige sind die hohen Gasdrucke, mit denen beim Verfahren Habers gearbeitet wird. Man bringt Wasserstoff und Stickstoff bei etwa 200 Atmosphären zur Reaktion. Diese vollzieht sich also in dicken, stählernen Zylindern und zwar bei mässig hohen Temperaturen von 500—700° C.

Die Rentabilität des synthetischen Ammoniaks wird nun offenbar ganz vom Preise des der Industrie zu Gebote stehenden Wasserstoffs abhängen. Da findet sich nun allerdings, dass der aus Wasserkraft erzeugte Wasserstoff hinter demjenigen zurückstehen muss, der mit der geologisch aufgespeicherten Sonnenwärme als Energiequelle hergestellt werden kann. Die Herstellungskosten solchen Wasserstoffes werden zu 5 Pfg. pro m^3 angegeben. Man macht zunächst Generatorgas, reduziert mit diesem Eisenoxyde und leitet sodann über die letzteren Wasserdampf, wobei Wasserstoff entsteht und das Eisenoxyd regeneriert wird.

Wenn nun auch mit diesem Wasserstoff der elektrolytische zunächst nicht konkurrieren kann, so kann man doch leicht ausrechnen, dass nur etwa 2,5 kW.-Jahre nötig sind, um 1000 kg Stickstoff an elektrolytischen Wasserstoff zu binden. In der Tabelle 4 habe ich auf 3 kW.-Jahre aufgerundet. Vergleicht man mit diesem Energieaufwand denjenigen, der für Kalkstickstoff erforderlich ist (Vergl. Tab. 4), nämlich rund 2 kW.-Jahre, so sieht man, dass der Unterschied nicht gross ist und wahrscheinlich aufgewogen wird durch die einfachere Operation und den Wegfall der Kosten für Koks und Kalk, wogegen man dann freilich wieder eine Schwefelsäurefabrik haben muss, oder aber man arbeitet auf Ammonnitrat, indem man die Hälfte des gewonnenen Ammoniaks nach Ostwald in Salpetersäure überführt.

Jedenfalls wird man sagen dürfen, dass da, wo man Kalkstickstoff rentabel herstellen kann, es auch möglich sein wird, synthetisch Ammoniak zu fabrizieren. Dem letzteren Prozess wird aber gegebenen Falles der schon erwähnte Umstand den Vorzug verschaffen, dass die elektrolytische Wasserzersetzung sich zeitlichen Energieschwankungen beliebig anzupassen vermag, während ein Karbidofen ähnlich wie ein Hochofen, nachdem er in Betrieb genommen worden ist, beständig in Tätigkeit bleiben soll, bis er ausgebrannt ist.

Ich meine also: Die grosse Menge der der elektrochemischen Technik zufallenden Pferdekräfte wird für nichts anderes als für die künstlichen Dünger verwendet werden müssen; unter diesen steht augenblicklich für die Schweiz der Kalkstickstoff obenan; es scheint aber, dass das synthetische Ammoniak aus elektrolytischem Wasserstoff zum Wettbewerb fähig sein dürfte, so dass man diesen Prozess in Zukunft auch mitberücksichtigen sollte.

9 und 10. Kalziumkarbid und Ferrosilicium.

Kalziumkarbid ist das Paradepferd der elektrochemischen Technik, 363 000 PS. stehen ihr zu Gebote; 214 000 t Karbid werden jährlich fabriziert, wovon 30 000 t in der Schweiz. Seit man nach Helfen-

steins Vorgange dazu übergegangen ist, sehr grosse Ofenaggregate zu bauen, die 10,000 und 20,000 PS. aufnehmen, ist die Karbidtechnik auf einen hohen Grad von Vollkommenheit angelangt. Während man früher (von 1897—1904) im sogenannten Blockbetrieb 7 kWh. für 1 kg Karbid brauchte, wird jetzt im sogenannten Abstichbetrieb fast das doppelte geleistet. In grossen gemauerten Wannen, auf deren Boden Kohlenplatten liegen, und in die von oben bewegliche Elektrodenpakete hinabtauchen, wird der Lichtbogen entzündet und Kalk und Kohle aufgeschüttet. Es bildet sich im Innern ein Sumpf geschmolzenen Karbides, den man von Zeit zu Zeit seitlich abfliessen lässt, indem in die Ofenbrust mit einer Hilfselektrode ein Loch eingebrannt wird. Auf eine Tonne Karbid rechnet man folgenden Verbrauch an Material:

Tabelle 11.
Materialverbrauch für eine Tonne.

Karbid		Ferrosilicium 50%		Carborundum	
Koks	700 kg	Quarz	1,100 kg	Quarz	1,500 kg
Kalk	1,050 „	Holzkohle	750 „	Koks	330 „
Elektroden	40 „	Eisenspäne	510 „	Sägemehl	180 „
		Elektroden	10 „	Kochsalz	20 „

Die Karbidfabrikation ist heute eine blühende Industrie. Gleichwohl hatte sie um die Wende des Jahrhunderts eine schwere Krise durchzumachen, die sie aber durch eine Erfindung zu überwinden wusste. Man lernte den Karbidofen zur Erschmelzung des Silizium und seiner Legierungen mit Eisen zu gebrauchen. Daraus hat sich eine ausgedehnte Industrie entwickelt, die etwa 60,000 Jahrespferde beschäftigt und deren Produkte als „Ferrosilizium" der Stahlerzeugung im Konverter dienen, übrigens zu drei Vierteln vom amerikanischen Markte aufgenommen werden. Die Arbeit am Ferrosiliziumofen ist wesentlich dieselbe wie am Karbidofen. Tabelle 11 gibt über den Materialverbrauch Auskunft. Schweizerwerke liefern etwa ein Viertel der Welterzeugung.

11. und 12. Carborundum und Graphit.

Dies sind zwei amerikanische Erfindungen: Die erste zog die zweite nach sich, beide sind am Niagara von Acheson technisch ausgebildet worden, und sie verdanken ihr Leben verfehlten Versuchen, Diamant zu machen. Ähnlich wie in alter Zeit beim Goldmachen wenigstens ein Geschirrmaterial, das Porzellan, herauskam, so sahen wir beim Diamantenmachen wenigstens ein Schleifmaterial entstehen. Carborundum ist das Silizid des Kohlenstoffes und besitzt fast die Härte des Diamanten. Der Carborundumofen hat eine charakteristische, langgestreckte Gestalt. Es ist ein sogenannter „Widerstandsofen". Eine Seele von leitender Kohle wird von dem Reaktionsgemisch umschichtet, dessen Zusammensetzung aus Tabelle 11 hervorgeht. Wird nun die Masse durch den Strom von innen heraus erhitzt, so tritt bei etwa 2000° die Bildung von Carborund ein. Steigt aber die Temperatur über 2200°, so zersetzt es sich wieder unter Zurücklassung von Graphit. Somit kann derselbe Ofen auch zur Verwandlung von Kohlenstoff in Graphit dienen. Am Niagara arbeiten etwa 5000 PS. auf Carborund und über 3000 PS. auf Graphit. In den letzten Jahren hat die Carborundumindustrie auf dem Kontinent Fuss gefasst. Die Schweiz führte 1913 rund 1000 t Schleifmittel aus, die wohl hauptsächlich aus Carborundum bestanden haben.

13. Stahlraffination.

Mit der elektrischen Stahlraffination hat sich jüngst die Elektrothermie ein neues Feld eröffnet, und schon versucht sie, sich auch des Hochofens zu bemächtigen. In Ansehung eines weitern Absatzgebietes für Wasserkräfte sind beide Techniken aufmerksamster Beachtung wert, da alles, was mit der Technologie des Eisens in Zusammenhang steht, sehr grosse Dimensionen annehmen kann. Das Interesse des Chemikers flaut hier allerdings etwas ab, da es sich um bekannte Prozesse handelt, wo der Strom bloss eine Heizwirkung ausüben soll, die bisher in gewöhnlicher Weise durch Brennstoffe bewirkt wurde.

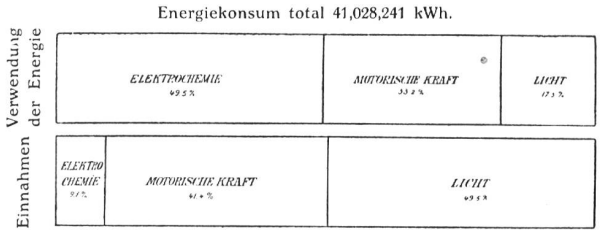


Abb. 5. **Vergleichende Zusammenstellung des Energiekonsums in kWh. und die entsprechenden Einnahmen für das Elektrizitätswerk Thusy-Hauterive im Jahre 1913.**

Bei der elektrischen Stahlraffination hat man entweder die Aufgabe, Roheisen mit Schrott und Erzen zu frischen, oder Martinstahl zu Tiegelgußstahl zu veredeln. Die deutsche Stahlindustrie hat sich mit Eifer auf die neue Technik geworfen; es werden bereits über 20,000 t Elektrostahl in Deutschland hergestellt. Es gibt eine ganze Anzahl verschiedener Ofenkonstruktionen, die bezüglich der elektrischen Leistung alle nahe übereinstimmen. Man hat etwa 1000 kWh. pro t Elektrostahl aufzuwenden, für kalten Einsatz gerechnet. Die Konstruktionen sind verschieden, Girod und Heroult haben Lichtbogenöfen angegeben, Kjellin baute Induktionsöfen, während Röchling-Rodenhauser eine Kombination von Widerstands- und Induktionsofen einführten, wohl das vollkommenste, was es bisher auf diesem Gebiete gibt.

Dass für die Schweiz die elektrische Stahlraffination weitgreifende Bedeutung gewinnen sollte, ist nicht sehr wahrscheinlich, da sich diese Spezialverfahren naturgemäss vorwiegend in den Zentren der Eisenindustrie ansiedeln werden.

14. Der Elektrohochofen.

Anders ist der Elektrohochofen zu beurteilen. Er könnte wohl dazu berufen sein, dass die allerdings

spärlich in der Schweiz vorhandenen Eisenerze nochmals aufleben und am geeigneten Orte im Elektrohochofen zur Verhüttung kämen. Die Schweiz braucht jährlich 300,000 t Roheisen. Sie besitzt in nicht ausgebeuteten Erzlagern noch einen Vorrat von etwa 5 Millionen t Eisen,[1]) der sich wie folgt verteilt:

Tabelle 12.

Eisenvorräte der Schweiz.

Am Gonzen (Sargans)	1,0 . 10^6	t Fe
Im Oberhasle	2,8	t „
Am Mont Chemin (Wallis)	0,3	t „
Am Chamoson (Wallis)	0,7	t „
Zusammen	4,8 . 16^6	t Fe

In der technischen Durchbildung und Erprobung scheint der Elektrohochofen der Elektrometallgesellschaft Ludvika in Schweden am weitesten gediehen zu sein, nachdem diese Gesellschaft bis 1913 bereits eine ganze Anzahl Öfen mit zusammen 34,000 PS. in Betrieb gesetzt hat.[2]) Man braucht nach den neuesten Aufgaben 2000—2600 kWh. pro Tonne Roheisen.[3]) Ob sich nun im Elektrohochofen Roheisen in wirtschaftlicher Weise gewinnen lässt, hängt von folgendem ab. Der moderne Hochofen verbraucht pro Tonne Roheisen eine Tonne Koks, davon entfallen ein Drittel auf die Reduktion und zwei Drittel auf die Wärmeerzeugung. Die ganze Frage ist also die, ob an einem gegebenen Orte, wo die übrigen Produktionsbedingungen erfüllt sind, zwei Drittel Tonnen Koks oder — hochgerechnet — 3000 kWh. billiger sind. Allerdings eignen sich speziell die Öfen der Elektrometallgesellschaft nur für die Verwendung von Holzkohle. Unter Rücksicht auf die Hochofenbilanz (namentlich Gichtgasmenge) wurde berechnet,[4]) dass Koks und Kraftpreis in folgendem Verhältnis stehen müssen, wenn der Betrieb des Elektrohochofens eben noch möglich sein soll.

Tabelle 13.

1 t Roheisen = 3,000 kWh.

Kokspreise pro Tonne	Fr. 20.—	Fr. 30.—	Fr. 40.—
Kraftpreis pro kW-Jahr	„ 66.—	„ 100.—	„ 133.—

Wäre Koks immer so teuer, wie er augenblicklich ist, dann müsste man allerdings schleunigst die Elektrohochöfen anblasen.

Für die übrigen Kosten macht Keller folgenden Überschlag:

Tabelle 14.

Kosten von 1 t Roheisen.

1,84 t Hämatit (55 % Fe)	11,04 Mk.
0,14 t Koks (28 Mk./t)	9,52 „
Elektroden (200 Mk./t)	3,08 „
Kalk	1,60 „
Arbeitslöhne	3,60 „
0,35 PS.-Jahre (40 Mk./PS.-Jahr)	14,00 „
Generalunkosten	5,20 „
1 t Roheisen	48,20 Mk.

Wie man sieht, kommt es ganz wesentlich auf den Preis der elektrischen Energie an.

Ein Nachteil, der bisher den Elektrohochöfen anhaftete, bestand darin, dass sie klein waren und aus konstruktiven Gründen nicht weit über eine Aufnahme von 3000 PS. vergrössert werden konnten. Ganz neuerdings scheinen die Ofenkonstruktionen Helfensteins diesem Übelstande abgeholfen zu haben. Helfenstein erprobte 1913 in Domnarfvet einen Schmelzofen für Roheisen, der 12,000 PS. aufnahm und in seiner Bauart den von ihm eingeführten grossen gedeckten Karbidöfen entsprach.[5]) Wahrscheinlich wird man bei diesen Öfen auch gar nicht an die Verwendung von Holzkohle gebunden sein, sondern Koks verwenden, wie im gewöhnlichen Hochofen. Vermutlich ist man mit diesen Öfen erst in das richtige Fahrwasser gelangt.

Meine Herren, der Überblick, den ich Ihnen zu geben versuchte, musste notwendig flüchtig und äusserlich ausfallen. Ich würde aber annehmen, dass er seinen Zweck trotzdem erreicht hätte, wenn ich hoffen dürfte, den einen oder andern Punkt, an dem die elektrochemische Technik entwicklungsfähig wäre, zutreffend bezeichnet zu haben.

Grosser Beifall.

* * *

Nach 10 Minuten Pause wird die Diskussion vom Vorsitzenden eröffnet:

Direktor Ringwald, Luzern. Mich interessiert speziell die Frage der Erzeugung von Wasserstoffgas. Wir sind von den Gaswerken wegen unserer Bestrebungen über die Verwendung der Elektrizität zu Koch- und Heizzwecken angegriffen worden. In der Verteidigungsstellung haben wir den Gaswerken vorgeschlagen, sie sollten versuchen, das Leuchtgas durch Wasserstoffgas zu ersetzen. Meines Wissens hat dieser Vorschlag bei den Gaswerken Interesse gefunden. Die Frage ist auch wichtig für Elektrizitätswerke, welche zur Spitzendeckung im Winter kalorische Reserven beiziehen müssen. Die überschüssigen Sommerkräfte könnten so in Form von Wasserstoffgas aufgespeichert werden. Allerdings ist die Frage der Gasometer etwas kompliziert. Vielleicht wird ein Mittel gefunden, das Wasserstoffgas mit dem Leucht- und Kochgas oder anderen Gasen in zweckmässiger Weise zu mischen.

Bei der Herstellung von Wasserstoffgas erhalten wir als Nebenprodukt noch den wichtigen Sauerstoff.

Der Sprechende stellt der Versammlung folgenden Antrag:

Die vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband einberufene Versammlung vom 15. Mai 1915 in der Aula der Kantonsschule in Luzern spricht den Wunsch aus, dass zur gründlichen Bearbeitung der Fragen einer rationellen Ausnutzung und Verwertung der Wasserkräfte der Schweiz ein Ausschuss von Vertretern des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke

[1]) J. R. Müller-Landsmann, Das Eisenbergwerk im Oberhasle, Zürich 1900.

C. Schmidt, Erzbergwerke im Wallis. Vortrag Naturforschende Gesellschaft Basel 1903.

A. Heim, Das Eisenerzbergwerk am Gonzen bei Sargans, St. Gallen, Zollikofer 1906.

O. Hedinger, Beitrag zur Kenntnis der schweizerischen Eisenproduktion, Bern 1906.

[2]) A. Beielstein, Neueres aus der Elektro-Roheisenerzeugung Skandinaviens, Stahl und Eisen, 33, 1270 (1913).

[3]) Am Trollhättan (Schweden) wurden in halbjährigen Versuchsperioden 2391—2500 kWh. für eine Tonne Eisen gebraucht. Vergl. B. Neumann, Stahl und Eisen, 31, 1010 (1911), 32, 1416 (1912).

[4]) Vergl. B. Neumann, Stahl und Eisen, 29, 277 (1909).

[5]) Stahl und Eisen, 33, 305 (1913).

und des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes gebildet werde.

Prof. Dr. Baur. Die Aufspeicherung von Wasserstoffgas in Gasometern bietet keine Schwierigkeiten. Das Gas muss an Orten erzeugt werden, wo es verbraucht wird. Am besten können Gemeinden, welche ein Elektrizitätswerk und eine Gasfabrik besitzen, etwas unternehmen. Es müsste einfach die nötige Zahl Gasometer aufgestellt werden. Das Leuchtgas wird durch den Zusatz von Wasserstoffgas nicht veredelt. Das Leuchtgas besteht etwa zur Hälfte aus Wasserstoffgas. Die weitere Ausbildung der Wasserstoffherstellung hängt von der Ausgestaltung der Wasserzersetzung ab.

Prof. Wyssling. Das Problem, die Wasserstoffherstellung als Energieakkumulation zu benutzen, werden wir heute nicht erschöpfend behandeln können. Das Wasserstoffgas könnte immerhin auch für den Eigenverbrauch der Elektrizitätswerke als Brennstoff Verwendung finden. Der niedrige Preis, den man für die elektrische Energie für elektrochemische Zwecke erzielen kann, darf uns nicht erschrecken. Wir gehen davon aus, für diese Zwecke namentlich solche elektrische Energie zu verwenden, die wir sonst nicht loswerden, die sogenannte „Abfallkraft". Auch ein schlechter Wirkungsgrad eines solchen Verfahrens darf uns nicht von vorneherein abschrecken. Namentlich in den schon bestehenden Werken bleibt jetzt noch viel Energie unausgenutzt. Wenn wir dafür nur irgend eine Entschädigung erhalten, so ist diese ein Gewinn, der zum andern hinzukommt. Es sind bei den Wasserkräften zweierlei Akkumulationen ins Auge zu fassen, der Ausgleich des variablen Konsums gegenüber selbst konstanter Wasserkraft und der Saisonausgleich der Inkonstanz der Wasserkraft selbst. Ersterer ist immer nötig, weil die zeitliche Veränderlichkeit des Konsums mit den Lebensverhältnissen unabänderlich verbunden ist. Zum Beispiel arbeiten die Menschen am Tag immer mehr als Nachts und Licht braucht man immer mehr im Winter und immer nur beim Fehlen des Tageslichtes. Der Lichtenergieverbrauch liesse sich allerdings leicht und vorteilhaft vermindern, wenn die Arbeit der Menschen wieder mehr auf die Morgenstunden verlegt würde; grosse Energiemengen könnten so erspart werden. Aber dieser Gedanke wird wohl Utopie bleiben. Jedenfalls aber wird es immer Tageszeiten geben, zu denen sehr wenig Energie gebraucht wird und wir müssen Mittel suchen, welche die Ausnutzung der überflüssigen Energie zu diesen Tageszeiten gestatten. Auch beim Bahnbetrieb wird immer ein ungleichmässiger Konsum stattfinden. Wir dürfen dem Vortragenden dankbar sein, dass er uns auf solche Mittel aufmerksam gemacht hat, besonders auch auf solche neuere Prozesse, welche stundenweises Einschalten, die Ausnutzung von Nachtkraft zum Beispiel gestatten.

Was die Anregung von Herrn Ringwald anbetrifft, so steht der Sprechende persönlich ihr sympathisch gegenüber. Die Vorstände des S. E. V. und des V. S. E. werden ein Zusammenarbeiten wohl ebenfalls begrüssen, da es geeignet ist, mehr Mittel für grosse Aufgaben zu bringen.

Direktor Roesle, Laufenburg stellt mit Hinweis auf die Tabelle über Kraftpreise die Anfrage, ob Werke in der Schweiz bekannt seien, welche das kW. zu Fr. 50.— pro Jahr abgeben. Wenn die kWh. zu 0,6 Cts. erhältlich ist, wird es nicht schwer sein, elektrochemische Industrien zu bekommen.

Prof. Dr. Baur hält die Beantwortung der Frage in dieser allgemeinen Form für schwierig.

Ing. A. Härry verweist auf seine Arbeit in Nr. 14/15, VII. Jahrg., der Schweiz. Wasserwirtschaft über die Gestehungskosten der elektrischen Energie in schweizerischen Wasserkraftwerken. Im Jahre 1912 betrugen die Gestehungskosten pro kWh. für Verzinsung, Betrieb und Unterhalt der Wasserkraftanlage, sowie Verteilungsanlagen, Steuern und Abgaben im Mittel 3,5 Cts. Bei einer bessern Ausnutzung der Zentralen könnten die Gestehungskosten auf 2—2,5 Cts. pro kWh. sinken. Weit günstiger stellen sich die Gestehungskosten ohne Betrieb, Unterhalt und Verzinsung des Verteilungsnetzes beziehungsweise des darin investierten Kapitals. Sie betragen im Durchschnitt für die schweizerischen Wasserwerke 1,5—2 Cts. pro kWh.; bei einer guten Ausnutzung des Werkes könnte der Betrag bis auf 0,5—1,5 Cts. sinken. Dieser Umstand ist wichtig für solche Industrien, die sich in unmittelbarer Nähe des Kraftwerkes niederlassen können. Solch günstige Verhältnisse weist zum Beispiel das Werk Chippis der Aluminiumindustrie A.-G. Neuhausen auf. Die elektrochemische Industrie ermöglicht die Verwertung fast der gesamten produzierbaren Energie, wodurch das Ausnutzungsverhältnis auf 0,8—0,9 steigt gegenüber 0,5 im Mittel bei den schweizerischen Elektrizitätswerken.

Der Vorsitzende bringt den Antrag Ringwald zur Abstimmung. Es ist kein Gegenantrag gestellt. Der Antrag ist somit angenommen.

Mit dem Ausdruck des Dankes an den Referenten und die Diskussionsredner schliesst der Vorsitzende um 5½ Uhr die Versammlung.

Zürich, den 18. Mai 1915. Der Sekretär: Ing. A. Härry.

Schweizer. Wasserwirtschaftsverband

Protokoll der V. ordentlichen Hauptversammlung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes vom 15. Mai 1915 in Luzern.

Vorsitzender: Regierungsrat Dr. O. Wettstein in Vertretung des verhinderten Präsidenten Oberst E. Will.

Sekretär: Ingenieur A. Härry.

Anwesend sind folgende Mitglieder:

1. *Abteilung für Wasserwirtschaft des Eidgenössischen Departements des Innern:* A. Lütschg, Bern. 2. *Eidgenössisches Oberbauinspektorat:* Oberbauinspektor A. von Morlot. 3. *Regierungsrat des Kantons Aargau:* Regierungsrat Stalder. 4. *Regierungsrat Baselland:* Regierungsrat Brodbeck. 5. *Baudirektion Kanton Bern:* Prof. Dr. Geiser, Ingenieur H. Aebi. 6. *Baudepartement Baselstadt:* Regierungsrat Dr. F. Aemmer. 7. *Kanton St. Gallen:* Regierungsrat A. Riegg. 8. *Canton de Neuchâtel:* Antoine Hotz, ingénieur cantonal. 9. *Baudepartement Solothurn:* Ferd. von Arx. 10. *Kanton Tessin:* Conseiller Martinoli. 11. *Baudirektion Zürich:* Regierungsrat Dr. G. Keller. 12. *Aargauisches kantonales Wasserbaubureau:* J. Osterwalder. 13. *Stadt Luzern:* V. Troller. 14. *Elektrizitätswerk Lonza A.-G., Basel:* Ingenieur Peter, Brig, Ingenieur A. Cukhtomsky, Basel. 15. *Bernische Kraftwerke A.-G.:* P. Thut, J. Moll, Bern. 16. *Kraftwerke Augst:* Paul Miescher. 17. *Société des forces électriques de la Goule, St. Imier:* F. Geneux. 18. *Services industriels, Etat de Fribourg:* Ingenieur H. Maurer. 19. *Maschinenfabrik Kriens:* Theodor Bell, J. Schnyder. 20. *Elektrizitätswerk der Stadt Schaffhausen:* H. Geiser. 21. *Elektrizitätswerk Wynau:* Direktor Marti. 22. *Rhätische Bahn:* Direktor A. Schucan. 23. *Kraftwerke Rheinfelden:* Dr. Emil Frey. 24. *S. E. V.*, 25. *V. S. E.*, 26. *Elektrizitätswerk Kanton Zürich:* Prof. Dr. Wyssling. 27. *Zentralschweizerische Kraftwerke Luzern:* F. Ringwald, Direktor. 28. *Verein für die Schiffahrt auf dem Oberrhein:* Ingenieur Bitterli, Krapf, Sekretär. 29. *Nordostschweizerischer Schiffahrtsverband, St. Gallen:* Dr. W. Meile. 30. *Officina Elettrica Communale Lugano:* G. Bertola. 31. *Juracement-Fabriken Aarau:* R. Zurlinden und Ferd. Zurlinden jun. 32. *Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G., Baden:* H. Vaterlaus. 33. *Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerk Brugg:* H. Tischhauser. 34. *Elektrizitätswerk Aarau:* G. Grossen. 35. *Kraftwerk Laufenburg:* Dr. Roesle. 36. *Elektrizitätsgesellschaft Baden:* C. Pfister. 37. *Direktion der Dampfschiff-Gesellschaft des Vierwaldstättersees:* E. Schmid, Luzern. 38. *Schweizerischer Baumeisterverband:* Dr. Cagianut, Zürich. 39. *A.-G. Escher Wyss & Co., Zürich:* A. Huguenin, Dr. H. Korrodi. 40. *A.-G. vormals Joh. Jak. Rieter & Co., Winterthur:* Ruoff, Winterthur. 41. Rusca, Giovanni, Ingenieur, Locarno, Ausschuss-Mitglied. 42. A. de Montmollin, Lausanne. 43. Ingenieur L. Kürsteiner, Zürich. 44. Alex. Schafir, Ingenieur, Täuffelen. 45. a. Prof. K. E. Hilgard, Ing. Consulent, Zürich. 46. A. Trautweiler, Ingenieur, Zürich. 47. W. Hugentobler, Ingenieur, St. Gallen. 48. E. Froté, Ingenieur, Zürich.

Ferner: Prof. Dr. Baur, Zürich. *G. Meidinger & Co.:* G. Meidinger. *Schweizerische Nationalversicherungsgesellschaft, Basel, Abteilung Hochwasser:* Ingenieur Säuberlin, Basel. Total: 51 Anwesende.

Ihre Abwesenheit haben entschuldigt: *Syndicat suisse pour l'etude de la voie navigable du Rhône au Rhin,* Direktor