

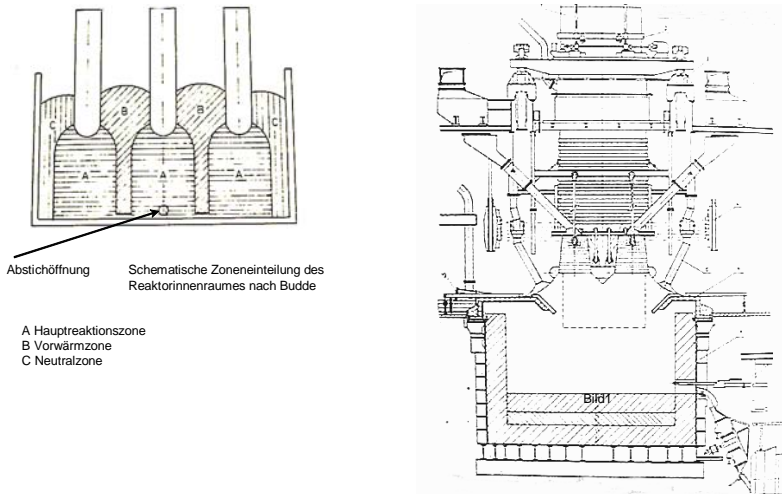
Herbert Hübner

## Die naturale, humane und soziale Dimension der Technologie am Beispiel der Carbidproduktion

### 1 Überblick

Calciumcarbid, im folgenden immer als Carbid (auch Karbid) bezeichnet, wurde erstmals 1836 von Edmund Davy und 1862 von Friedrich Wöhler dargestellt. Die labormäßige Herstellung gelang Thomas L. Wilson 1892 in Amerika und Henri Moissan in Frankreich. Die industrielle Produktion begann 1895 in der Schweiz und 1898 in Norwegen und Deutschland.

Abbildung 1: Ansicht eines Carbidofens – Rechteckofen in BUNA



Quelle: Lehrbuch 1985, S. 8

Der Produktionsprozess ist chemisch relativ einfach mit  
 $\text{CaO} + 3\text{C} \longrightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$  als endotherme Reaktion,

wobei die erforderlichen Temperaturen bis 2.300°C nur im elektrischen Ofen erreicht werden. Der Carbidofen ist elektrisch gesehen ein Widerstandsofen. Die Leistung der Öfen hat sich bis zu 60 MW entwickelt, als geometrische Form sind sowohl Rundöfen als auch Rechtecköfen entwickelt worden, immer aber wegen der Netzsymmetrie mit Drehstrom versorgt (siehe Abbildung 1).

Tabelle 1: Übersicht über die Calciumcarbidproduktion

		<i>Kapazität</i>	<i>Produktion</i>	<i>Export</i>	<i>Import</i>
1965	Europa	6.440	5.610	260	282
	– davon DDR	1.300	1.188		
	– davon BRD	1.100	1.039		
	– davon UdSSR	600	500		
	Asien	2.870	2.130	62	31
	– davon Japan	2.215	1.622		
	– davon China	300	250		
	Amerika	1.660	1.230	35	26
	– davon USA	1.100	996		
	Afrika	125	75	16	23
Australien	20	15		26	
<i>Total</i>	<i>11.150</i>	<i>9.100</i>	<i>400</i>	<i>400</i>	
2004	USA	236	173	19	154
	Westeuropa	345	288	39	327
	Japan	440	230	16	258
	<i>Total</i>	<i>1.021</i>	<i>691</i>	<i>74</i>	<i>739</i>
2005	China	10.266			
2006	China	11.058			
	Es sollen mehr als 400 Produzenten existieren, davon nur 30 mit Kapazitäten um 100 kt/a und wenige mit mehr als 250 kt/a				
2006	Rußland	u. a. Ussolje mit 60 kt/a und Nishni Nowgorod mit 80 kt/a			
	Zahlen erscheinen zu gering, da vor 1990 erheblich größere Kapazitäten bekannt waren!				
Derzeitige Produktion nach Angaben der benannten Unternehmen					
	Trostberg	120			
	Sundsvall	53			
Alle Angaben in kt/a					

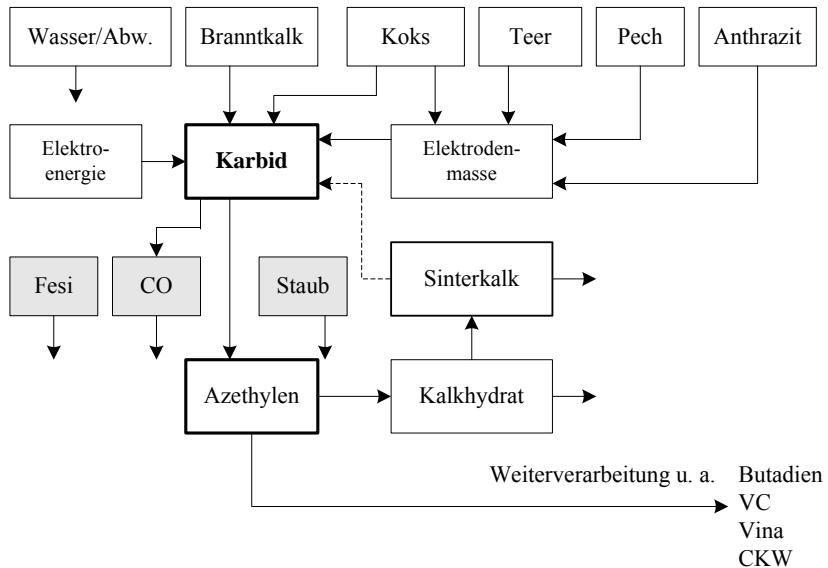
Quelle: Nach Klöckner 1966, SRI Consulting 2004, 2007

Die Darstellung lässt erkennen, dass ein komplizierter Mechanismus erforderlich ist, der gleichzeitig hohen thermischen und mechanischen Beanspruchungen standhalten muss, während elektrisch hauptsächlich die zu übertragenden hohen Leistungen zu nennen sind.

Aber zunächst eine Übersicht zur weltweiten Carbidproduktion (siehe Tabelle 1).

Am Beispiel des BUNA-Werkes wird der Stoffeinsatz dargestellt, der sich ähnlich abhängig vom Produktionsziel in allen Carbidwerken darstellen lässt.

Abbildung 2: Prinzipdarstellung der Carbidproduktion und -verarbeitung



Quelle: Eigene Darstellung

Neben dem Zielprodukt Azetylen (Äthin) müssen Neben- oder Abprodukte wie Kohlenmonoxid (CO), Ferrosilicium, Staub, Abwasser und natürlich Kalkhydrat verarbeitet bzw. entsorgt werden, deren Menge in der Größenordnung des Hauptproduktes liegt. Bei einer Jahresproduktion von über 1 Mio t wie im BUNA-Werk sind das erhebliche Größen, wobei im Prinzip

die stoffliche Verwendung der meisten Nebenprodukte (es sind ja nicht unbedingt Abfälle) erfolgte oder doch möglich gewesen wäre, z. B.:

- Kalkhydrat als Bauhilfsstoff und Düngemittel, aber die vollständige Nutzung scheiterte an fehlender Logistik und am Geruch;
- CO wurde vollständig als Heizgas eingesetzt, eine Verwendung als Rohstoff wurde nicht konsequent betrieben, soll aber neuerdings z. B. in Trostberg erfolgen;
- Ferrosilicium als Zuschlagstoff in der Stahlindustrie; die Gewinnung in einer geeigneten Form z. B. als Granulat war noch nicht ausgereift.

## 2 Zur Technisierung

Die Rohstoffversorgung bestimmte wegen der großen Mengen Kalk und Kohlenstoffträger und notwendigen Kühlwassers Standorte der Carbidanlagen. Es entstanden angepasste Lösungen zu den Abbaufahren für Kalk, den Transport beim Abbau mit Großraum-Fahrzeugen (60 t-Kipper), Bandanlagen. Besondere Arbeiten gab es zum BHT-Koks-Einsatz beim Brennen von Kalk.

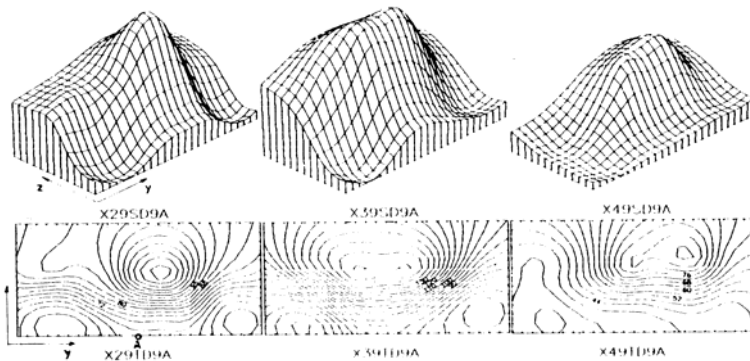
Die Sicherung der Koksversorgung durch günstige (einheimische) Rohstoffe hat zu einer nur teilweise befriedigenden Verwendung von BHT-Koks geführt, weil u. a. die geringere mechanische Festigkeit gegenüber Steinkohle-Koks Grenzen gesetzt hat. Veränderungen der Öfen (u. a. Hohlelektroden-systeme, Bauformen) haben das nicht lösen können.

Bei Hauptausrüstungen des Carbidofens sind zu nennen: Ofentransformatoren für 110 kV Oberspannung und 250 bis 350 V Unterspannung mit einer Leistung bis 85 MVA. (die Unterspannungswicklung bestand nur aus einer Windung für Ströme um 140 kA). Die Stromübertragung in wassergekühlten Kupfer-Rohren nutzte den Skin-Effekt. Die anfänglich verwendeten Kohlelektroden wurden durch Söderbergelektroden ersetzt, d. h. es wurden während des Betriebes Blechmäntel aufeinander geschweißt, in die die Elektrodenmasse flüssig eingefüllt wurde. Die Elektrode wurde mit der Absenkung in den Ofen gebrannt. Mit der Entwicklung der Hohlelektrode konnten bis zu 25% der durch Abrieb anfallenden feinkörnigen Rohstoffe verwendet und direkt in die Reaktionszone an den Elektroden spitzen gebracht werden. Die Ofenarmaturen, hier besonders Abstichbahn und Kühltrommel genannt, sind direkt dem schmelzflüssigen Carbid mit u. a. Fesi und

dem Kühlwasser, d.h. einer sehr hohen Temperaturwechselbeanspruchung, ausgesetzt. Mit besonderen Legierungen wurde die Standfestigkeit verbessert, war aber bisher nie zufrieden stellend. Spezielles Problem: Die Reparatur dieser Ausrüstungen (z.B. Schweißen).

Die Prozessführung eines Carbidofens hat die Entwicklung mathematischer Modelle verlangt, weil die aus fehlenden Mess- und Beobachtungsmöglichkeiten des eigentlichen Reaktorraumes bedingte subjektive Betriebsführung nur damit optimiert werden konnte und überhaupt erst den Großofen sicher zu betreiben gestattet hat. Als Beispiel sei eine ermittelte Konzentrationsverteilung des Carbides gezeigt.

Abbildung 3: Konzentrationsverteilung Calciumcarbid



Quelle: Richter 1990, Anhang, Bild A 4.1

### 3 Zur Ökonomie

Je Tonne Carbid werden benötigt

- Kalk ca. 1.000 kg,
- Koks ca. 550 kg,
- Elektroenergie ca. 3.200 bis 3.500 kWh

als Hauptkomponenten. Die Optimierung der beiden Rohstoffe hat daher Gewicht. Sie wurde mit neuerer Rechentechnik (Umfang der zu verarbeitenden Daten) und Messtechnik (Umfang der zu erfassenden Daten) – wie schon gesagt – überhaupt erst möglich.

Der Carbidofen kann in einem weiten Bereich der Leistung geregelt werden. Damit ist eine Fahrweiseoptimierung nach Stromangebot, Stromkosten und Bedarf gegeben. Carbid ist gut lagerfähig (Kübel oder Silo, auch unter Schutzgas). Dadurch hat eine Bevorratung Sinn. Das große Gebiet der Energierückgewinnung aus den verschiedenen Verfahrensstufen war aber bisher nicht erfolgreich bearbeitet worden (Kühlwasser, Carbidkühlung, ...).

#### **4 Zur Ökologie**

Alle Stufen der Rohstoffgewinnung (Kalk, Koks), die Produktion von Carbid und die Neben- oder Abprodukte (Kalkhydrat, Staub aus Absauganlagen, verschmutztes Abwasser u. a.) beeinflussen die Umwelt erheblich.

Lösung durch Filteranlagen (das Trostberg-Filtergebäude hat die Größe der Produktionsanlage) und geschlossene Carbidöfen (zuletzt 4 in BUNA) verbessern zugleich auch die Ausbeute von Kohlenmonoxid-Gas (Trostberg soll einen speziellen Ofendeckel entwickelt haben, um das Gas als Rohstoff einsetzen zu können). Dagegen ist eine Deponie von Staub nicht ohne weiteres möglich; Transport und Umschlag von Kalkhydrat hätte geschlossene Systeme erfordert. Der Produktionsprozess war in all diesen Punkten also durchaus noch nicht optimiert.

Ein Nebeneffekt sei genannt: Der Ausstoß von erheblich staubbelasteter Abluft in BUNA hat eine kostenlose Düngung in weiterer Umgebung bewirkt!! Das kann aber natürlich nicht die Verschmutzung der Landschaft begründen.

#### **5 Zur sozialen Komponente**

Die Carbiderzeugung ist ursprünglich eine arbeitsintensive Produktion mit geringen Qualifikationsanforderungen. Sie führte dennoch wegen der Schwere der Arbeit zu einer sozialen Besserstellung. Ziel aller Rationalisierungsmaßnahmen war zuerst eine Entfernung der Arbeitskräfte von gefährlichen Arbeitsplätzen und dann auch die Einsparung von Arbeitskräften (schwere Havarien waren immer lebensgefährlich); letztendlich ging es natürlich um die weitgehende Mechanisierung, ohne dass schon alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden konnten.

Die Einstellung der Produktion nach 1990 hat in BUNA ein Arbeitskräfte-Potenzial freigesetzt, für das so kein Bedarf mehr bestand. Das ist aber auch das allgemeine Problem jeder Rationalisierung (z.B. auch im Steinkohlenbergbau), das von den Betroffenen selbst nicht gelöst werden kann. Hier ist ein Versagen der Politik zu beklagen!

## 6 Zur Technikgenese

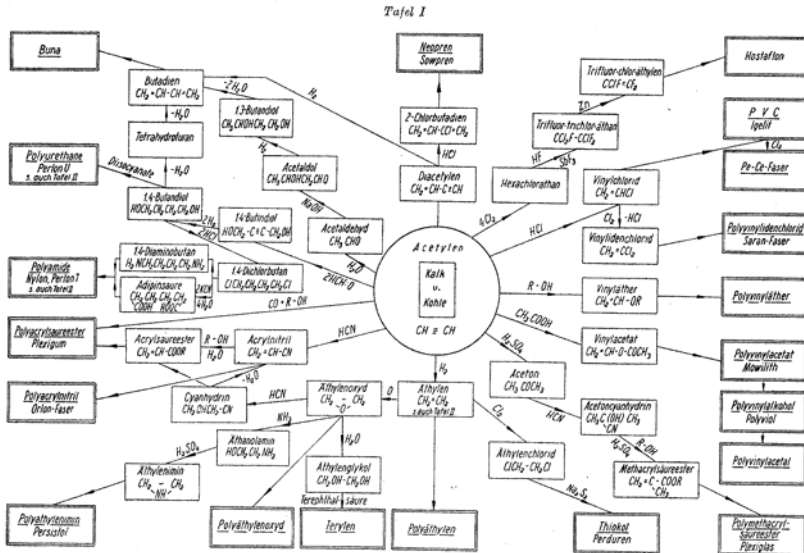
Am Beispiel der Carbid-Produktion kann Technikgenese gut gezeigt werden, weil nach der gelungenen Darstellung des Produktes und einer Überführung in industrielle Produktion immer wieder der Bedarf entfiel, aber durch einen neuen Bedarf ersetzt wurde:

- zuerst war Azetylen für Beleuchtung bestimmend;
- die Glühbirne verdrängte diese Verwendung;
- die autogene Metallbearbeitung beginnt;
- die Kalkstickstoffherstellung (Calciumcyanamid) entwickelt sich als großes Anwendungsgebiet mit einem Anteil von über 50% der Produktion;
- Entwicklung der Azetylenchemie und der Kunststoffproduktion; Erdöl bzw. Äthylen werden kostengünstiger, der Carbidbedarf sinkt rasant, es kommt zur Stilllegung vieler Anlagen;
- ein neuer Bedarf entsteht in Entwicklungsländern (etwa infolge der Produktion in China) und noch ist kein Ende abzusehen.

Was bleibt als mögliche Konsequenz: Carbid-Herstellung ist keine alltägliche Produktion. Die langfristige Verknappung von Erdöl und die ständig steigenden Preise für Erdöl könnten in Verbindung mit der Weiterentwicklung der Technologie (Ausrüstungen, Sicherheitstechnik, Rohstoffaufbereitung, Logistik, Energierückgewinnung) eine Renaissance befördern. Da in der Literatur angegeben wird, dass die mit den damaligen Mitteln gewinnbaren Weltkohle-Reserven 640 Mia t, die Welterdöl-Reserven aber nur 90 Mia t (in Steinkohleeinheiten) betragen, wäre die Belebung der Carbidindustrie schon denkbar – bei aller Unschärfe einer solchen Betrachtung (vgl. Schäfer 1984, S. 51). Es wäre aber zweifellos möglich, mit den heute verfügbaren Kenntnissen zur Technologie einer solchen Produktion eine den ökonomischen, ökologischen und sozialen Bedingungen entsprechende

Fabrik zu bauen. Kalk und Kohlenstoffträger wären noch lange verfügbar. Mit der folgenden Abbildung 4 wird auf diese Möglichkeiten verwiesen.

Abbildung 4: Aus Acetylen (Äthin) herstellbare Produkte



Quelle: Runge 1959, S. 103

**Literatur**

Autorenkollektiv (1985): Betriebskundliches Lehrbuch Calciumcarbidproduktion. Schkopau

Budde, K.; Schreier, H.; Schäfer, D. (1988): Analyse von Gefährdungszuständen im Reaktorinneren bei elektrothermischen Prozessen (z.B. Calciumcarbidpeß). In: Tagungsband zum Mikrosymposium „Prozeßmodellierung und Anlagensicherheit in der Stoffwirtschaft“, 28.04.1988, Halle. Halle, S. 69-80

Klöckner, H. (1966): Die Calciumcarbidindustrie der Welt. In: Chemische Industrie, Jg. 18 (Oktober), S. 617-627



- Richter, S. (1990): Reaktionstechnische Untersuchungen zum elektrothermischen Calciumcarbidprozeß – ein Beitrag zur mathematischen Modellierung. Dissertation. Merseburg (TH Merseburg)
- Rieche, A. (1961): Grundriß der technischen organischen Chemie. Leipzig
- Runge, F. (1959): Einführung in die Chemie und Technologie der Kunststoffe. Berlin
- Schäfer, D. (1984): Perspektiven der Calciumcarbidindustrie. In: Mitteilungsblatt Chemische Gesellschaft, Jg. 31 (April), S. 50-55
- SRI Consulting (2004): Calcium Carbide. CEH Productreview. – URL: [www.sriconsulting.com/CEH/Public/Reports/724.5000/](http://www.sriconsulting.com/CEH/Public/Reports/724.5000/)
- SRI Consulting (2007): China Report Chemische Produktion. Report 2007. – URL: [www.sriconsulting.com/CHINA/Private/Reports/Calcium\\_Carbide/](http://www.sriconsulting.com/CHINA/Private/Reports/Calcium_Carbide/)