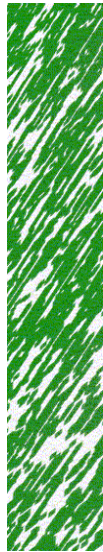




ifeu -  
Institut für Energie-  
und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH



## **RECAST Urumqi**

### **Ein Ökoprofil der ZhongTai Chemical Company, Urumqi**

#### **Zwischenbericht**

RECAST Urumqi – Steigerung der Ressourceneffizienz in einem semiariden Milieu: Urumqi als Modellstadt für Zentralasien

Teilvorhaben 3: Förderung nachhaltiger Megastadtentwicklung durch energieeffizientes Wirtschaften in einem semiariden Milieu

gefördert durch das Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF), FKZ 01LG 0502C

**Heidelberg, 30. August 2010**



ifeu -  
Institut für Energie-  
und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH

## **RECAST Urumqi**

**Ein Ökoprofil der ZhongTai Chemical  
Company, Urumqi  
Modellierung von Stoff- und Energieflüssen  
und Analyse des Potenzials zur  
Energie- und Rohressourcensparen**

### **Zwischenbericht**

**Projektleitung:**

**Bernd Franke**

**Verfasser:**

**Li Niu, Dipl. Chem--Ing.**

Ifeu- Institut für Energie- und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH  
Wilckensstr. 3, D – 69120 Heidelberg, Germany  
Tel.: +49/(0)6221/4767-0, Fax: +49/(0)6221/4767-19  
E-mail: ifeu@ifeu.de, Website: [www.ifeu.de](http://www.ifeu.de)

**Heidelberg, 30. August 2010**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Status der Primärenergieproduktion und des Primärenergieverbrauchs in der Provinz Xinjiang</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PVC-Industrie</b> .....	<b>5</b>
3.1	Herstellung von Cl <sub>2</sub> aus der Elektrolyse von Kochsalz .....	7
3.2	Herstellung von Ethylen und Vinylchloridonomer aus Erdöl .....	9
3.3	ECVM und Eco-Profile von PVC Industrie in Europa .....	10
3.4	Acetylen-Herstellung und Vinylchloridonomer aus Kohle .....	11
<b>4</b>	<b>Ökobilanz für ZhongTai Umberto Modellierungsprojekt</b> .....	<b>12</b>
4.1	Vorstellung der Arbeitsgruppe .....	12
4.2	Projektbedingungen .....	14
4.3	Werknetz des Modells in der 1. Phase .....	17
<b>5</b>	<b>Zwischenergebnis</b> .....	<b>18</b>
5.1	Kenngößen für die S-PVC Produktion im Xishan-Werk .....	18
5.2	Potential zur Reduktion des Wasserverbrauchs .....	18
5.2.1	<i>Wasserverbrauch</i> .....	18
5.2.2	<i>Einsparoptionen</i> .....	21
5.3	Potential zur Reduktion des Energieverbrauchs .....	22
5.3.1	<i>Dampfverbrauch</i> .....	22
5.3.2	<i>Einsparoptionen</i> .....	23
<b>6</b>	<b>Perspektiven für den nächsten Schritt</b> .....	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>27</b>

## Abbildungen

Abb. 2-1	Primärenergieproduktion (oben) und Primärenergieverbrauch (unten) in der Provinz Xinjiang 1978-2007.....	2
Abb. 2-2	Primärenergieverbrauch in Xinjiang nach Verbrauchssektoren.....	4
Abb. 3-1	PCV-Verbrauch im Jahr 2006.....	5
Abb. 3-2	Prozessstufen der Herstellung von PVC aus Erdöl und aus Kohle.....	6
Abb. 3-3	Herstellung von Vinylchlorid auf Basis von Ethylen.....	9
Abb. 3-4	Vinylchlorid-Herstellung auf Basis Acetylen.....	11
Abb. 4-1	Das Team für das ZhongTai Projekt von RECAST Urumqi.....	13
Abb. 4-2	Produktionsprozesse der ZhongTai Chemical Company.....	14
Abb. 4-3	Standorte der ZhongTai Chemical Company, Urumqi/Xinjiang.....	14
Abb. 4-4	Die Struktur der ZhongTai Chemical Company.....	16
Abb. 4-5	Umberto <sup>®</sup> -Modellwerknetz des Teilmodells in der 1. Projektphase.....	17
Abb. 5-1	Wasserverbrauch im Xishan Werk 2009.....	19
Abb. 5-2	Wasserflüsse im PVC-Produktionsprozess vom Xishan-Werk.....	20
Abb. 5-3	Abwasserbehandlung und –Rückgewinnungssystem.....	22
Abb. 5-4	Dampfverbrauchsanteil an den verschiedenen Prozessen im Xishan-Werk 2009.....	23
Abb. 5-5	Optimierungsmöglichkeiten für den Trocknungsprozess.....	23

## Tabellen

Tab. 2-1	Primärenergieproduktion und –verbrauch in China und Xinjiang 2007.....	3
Tab. 2-2	Projektion des Energieverbrauchs und der CO <sub>2</sub> -Emissionen in China bis 2050.....	4
Tab. 3-1	PVC Produktion und Wachstumsrate in China 2003-2007.....	5
Tab. 3-2	Übersicht der Input- und Outputströme für die Chloralkali-Industrie.....	8
Tab. 3-3	Kenngroßen des europäischen BVT-Referenzdokument (BAT) und chinesischer „Cleaner Production“ für die Chloralkali-Industrie.....	9
Tab. 3-4	Übersicht den Grenzwerten vom ECVM Charta.....	10
Tab. 3-5	Kenngroßen des Ökoprofiles von S-PVC (pro kg S-PVC).....	11
Tab. 3-6	Kenngroßen von S-PVC aus dem chinesischen Cleaner Production Standard (Angaben pro Tonne S-PVC).....	12
Tab. 5-1	Kenngroßen für die S-PVC Produktion von Xishan-Werk (pro Tonne PVC).....	18
Tab. 5-2	Wasserverbrauch in der Stadt Urumqi und seinen Distrikten.....	21
Tab. 5-3	Gesamtwasserverbrauch abhängig vom durchschnittlichen Wasserverbrauch in der Produktion.....	21

## 1 Einleitung

Um die globale Erwärmung auf weniger als 2°C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu begrenzen, ist eine drastische Verringerung der Treibhausgasemissionen notwendig. Als Entwicklungsland hat China in den letzten 20 Jahren große Anstrengungen in der wirtschaftlichen Entwicklung vorgenommen, die in der Zukunft verstärkt werden müssen, um den Beitrag Chinas zum Umweltschutz zu vergrößern.

Das Projekt RECAST Urumqi *Meeting the Resource Efficiency Challenge in a Climate Sensitive Dryland Megacity Environment: Urumqi as a Model City for Central Asia* die Situation in Urumqi, die die Hauptstadt der Provinz Xinjiang im Nordwesten China ist, als ein typisches Modell für die Städte in semi-ariden Regionen. Im Projekt wurden drei Arbeitsgruppen zu den Themen Energieeffizienz, Material- und Ressourceneffizienz und Wasser Ressourceneffizienz gebildet. Die Hauptaufgabe der Gruppe *Energy efficiency* umfasst die Modellierung und Analyse von aktuellen und zukünftigen Energieströmen, die Entwicklung eines nachhaltigen Energiekonzepts und die Durchführung von Niedrigenergiehäusern. Zusammen mit den Kooperationspartnern in Urumqi wurden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz (Technologie, Planung, Politik, Management oder Finanzierung) identifiziert und bewertet. Dabei werden Kosten, Nutzen, die Geschwindigkeit der Umsetzung, die Identifizierung von Problemen in der Realisierung berücksichtigt.

Die chinesische Provinz Xinjiang ist reich an fossilen Energieressourcen wie Steinkohle, Erdöl, Erdgas und hat als Wüstenregionen große Potenziale zur Nutzung von Sonnen- und Windenergie. Steinkohle ist derzeit der mit Abstand der wichtigste Primärenergieträger und wird auch als Grundstoff in der chemischen Industrie eingesetzt. Die ZhongTai Chemical Company ist eines der größten Industrieunternehmen in der Provinz Xinjiang; dort werden auf Basis des Karbidverfahrens an mehreren Betriebsstandorten jährlich ca. 0,5 Million Tonnen PVC und zahlreiche wertvolle Nebenprodukte produziert. In Vorhaben werden am Beispiel von ZhongTai mit dem Rechentool Umberto® die Stoff- und Energieflüsse im Unternehmen modelliert und analysiert, um das Potenzial zur Energieeinsparung und zur Emissionsreduzierung zu evaluieren. Aufbauend auf Erkenntnissen an diesem Beispiel sollen Chancen und Grenzen der Stoff- und Energieflussmodellierung in anderen Industriezweigen Chinas und für das Energieversorgungssystem der Provinz ermittelt werden.

In diesem Bericht werden die Modellierung von Stoff- und Energieflüssen und die Analyse des Potenzials zur Effizienzsteigerung des Einsatzes von Energie und Rohstoffen für ZhongTai Chemical Company, Urumqi dargestellt. Das Energiekonzept für die Provinz Xinjiang ist ein wichtiger langfristiger Plan. ZhongTai Chemical Company soll dabei als Beispiel für die industrielle Ebene dienen.

## 2 Status der Primärenergieproduktion und des Primärenergieverbrauchs in der Provinz Xinjiang

Als eine der wichtigsten Energieproduktionsprovinzen wurde im Jahr 2007 hat die Provinz Xinjiang einen Anteil von ca. 4,5% an der gesamten Primärenergieproduktion Chinas. In Abb. 2-1 sind die Menge und die Struktur der Primärenergieproduktion und des Primärenergieverbrauchs dargestellt. Im Jahr 2007 ist die Primärenergieproduktion um 661% auf 3.147 PJ gegenüber dem Jahr 1978 und gleichzeitig die Zahl des Energieverbrauchs von 287 PJ auf 1.927 PJ gestiegen.

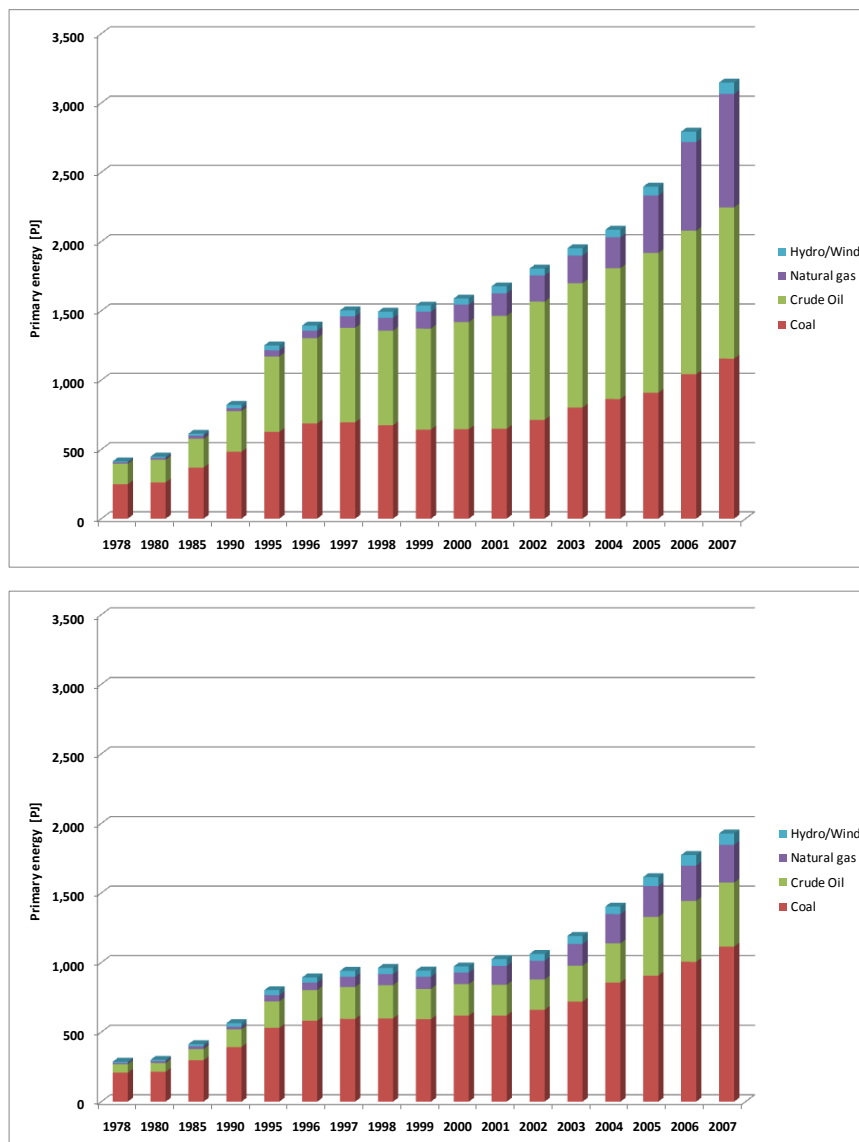


Abb. 2-1 Primärenergieproduktion (oben) und Primärenergieverbrauch (unten) in der Provinz Xinjiang 1978-2007

Quelle: Xinjiang Statistical Yearbook 2009

Die Energieproduktionsanteile an der Kohle, dem Erdöl und dem Erdgas lagen bei 36,7%, 34,7% und 26% im Jahr 2007. Aufgrund der Transportentfernungen wird die geförderte Steinkohle in der Provinz Xinjiang selbst verbraucht; Erdöl und Erdgas werden überwiegend zu den Küstengebieten Chinas transportiert. Deswegen ist der Verbrauch von Kohle um 21,1% auf 57,8% gestiegen und haben die Anteile des der Verbrauchs von Erdöl und Erdgas auf 23,9% und 14,1% abgenommen. Im Gegensatz zu China ist die Primärenergieproduktion in der Provinz Xinjiang deutlich höher als der Primärenergieverbrauch. Knapp 40% der Primärenergieproduktion wird außerhalb der Provinz Xinjiang verbraucht. In Tab. 2-1 sind die wichtigsten Daten über die Primärenergieproduktion und den Primärenergieverbrauch in China und der Provinz Xinjiang im Jahr 2007 zusammengestellt.

Tab. 2-1 Primärenergieproduktion und –verbrauch in China und Xinjiang 2007

	<b>Primärenergieproduktion</b>				
	<i>China</i>		<i>Xinjiang</i>		
	<b>Wert (PJ)</b>	<b>Anteil</b>	<b>Wert (PJ)</b>	<b>Anteil in Xinjiang</b>	<b>Anteil in China</b>
<b>Primärenergieproduktion</b>	69.004,98	100%	3.146,49	100%	4,56%
<b>Kohle</b>	52.878,52	76,63%	1.154,76	36,7%	2,18%
<b>Erdöl</b>	7.804,46	11,31%	1091,8	34,7%	13,99%
<b>Erdgas</b>	2.698,09	3,91%	818,09	26%	30,32%
<b>Wasser- und Windenergie</b>	4.995,96	7,24%	81,81	2,6%	1,64%
<b>Kernenergie</b>	627,95	0,91%	-	-	-
	<b>Primärenergieverbrauch</b>				
	<i>China</i>		<i>Xinjiang</i>		
	<b>Wert (PJ)</b>	<b>Anteil</b>	<b>Wert (PJ)</b>	<b>Anteil in Xinjiang</b>	<b>Anteil in China</b>
<b>Primärenergieverbrauch</b>	77.837,93	100%	1.927,29	100%	2,48%
<b>Kohle</b>	54.097,36	69,5%	1.113,97	57,8%	2,06%
<b>Erdöl</b>	15.334,07	19,7%	460,62	23,9%	3,00%
<b>Erdgas</b>	2.724,33	3,5%	271,75	14,1%	9,97%
<b>Wasser- und Windenergie</b>	5.059,47	6,5%	80,95	4,2%	1,60%
<b>Kernenergie</b>	622,70	0,8%	-	-	-

Quelle: Xinjiang Statistical Yearbook 2009 und China Energy Yearbook 2008

Auf lange Sicht soll durch Steigerung der Energieeffizienz und Anpassung der Primärenergieträger (steigender Anteil an erneuerbaren Energie) die Umweltverträglichkeit und die nachhaltige Entwicklung gefördert werden. Die chinesische Akademie der Wissenschaften geht in einer kürzlich vorgelegten Studie davon aus, dass mit der Steigung der Energieeffizienz die Energieintensität (Energieverbrauch pro GDP-Einheit) in den nächsten 40 Jahren erheblich reduziert wird (siehe Tab. 2-2).

Tab. 2-2 Projektion des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in China bis 2050

Jahr	Bevölkerung Million	Energieverbrauch pro GDP Einheit	Energieverbrauch Milliarden t SCE	Energieverbrauch pro Person t SCE	CO <sub>2</sub> in t/a pro Person
2005	1,310	100%	2,5	1,9	4,3
2010	1,360	80%	3,1	2,3	5,5
2020	1,440	56%	4,5	3,1	6,0
2035	1,470	22%	6,1	4,1	6,7
2050	1,440	13%	6,6	4,6	4,6

Quelle: Energy Science& Technology in China: A Roadmap to 2050

Um das Ziel der Reduzierung der Energieintensität zu erreichen soll die Provinz Xinjiang einen großen Beitrag leisten. Im Jahr 2005 lag die Energieintensität in der Provinz Xinjiang bei 250,2 kg SCE/1000RMB, der Durchschnittswert für China ist 143,3 kg SCE/1000 RMB. Aufgrund der rasanten wirtschaftlichen Entwicklung steht die Provinz Xinjiang bei der Erfüllung dieser Ziele vor großen Herausforderungen. Die Industrie hat den größten Sektor vom Energieverbrauch (siehe Abb. 2-2).

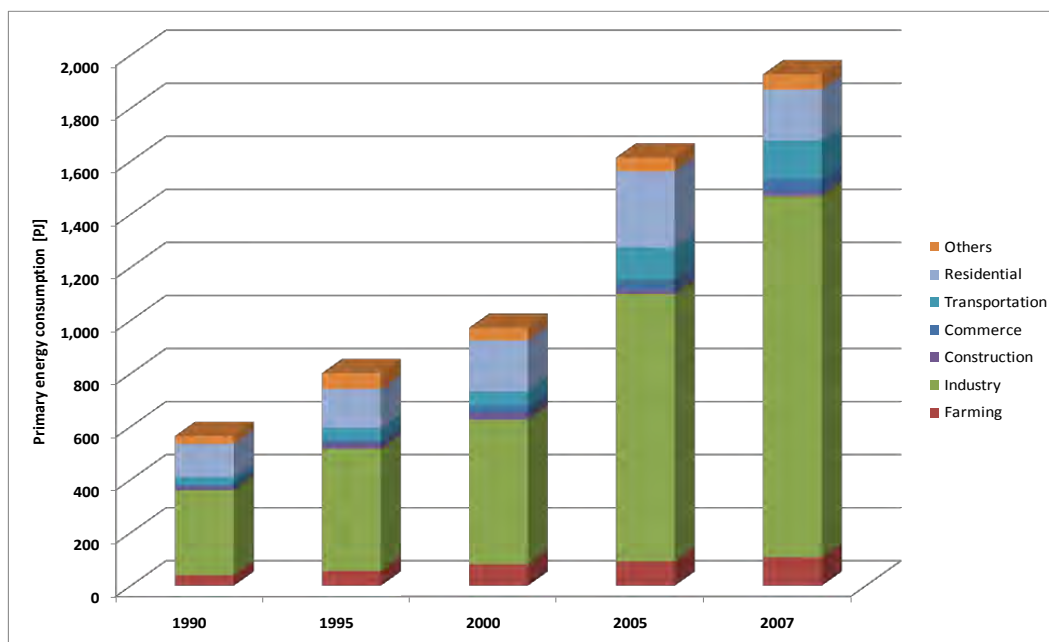


Abb. 2-2 Primärenergieverbrauch in Xinjiang nach Verbrauchssektoren

Quelle: Xinjiang Statistical Yearbook 2009

Mit der Modellierung der Stoff- und Energieflüsse der ZhongTai Chemical Company werden der Energieverbrauch und das Potential für die Steigerung der Energieeffizienz in einem typischen Industriegebiet untersucht. Das Beispiel ist somit eine Referenz für die Entwicklung von Energiekonzepten in der Provinz Xinjiang.



### 3 PVC-Industrie

PVC (Polyvinylchlorid) ist einer der am meisten verwendeten Kunststoffe. Im Jahr 2008 wurden weltweit insgesamt 34 Millionen Tonnen PVC produziert. Die Wachstumsrate beträgt durchschnittlich 5 % pro Jahr. Somit kann die weltweite PVC-Produktion bis zum Jahr 2016 auf voraussichtlich 40 Millionen Tonnen pro Jahr ansteigen. Nahezu 40% der PVC-Anwendungen werden im Bausektor eingesetzt, typische Produkte sind Fensterprofile, Rohre, Fußbodenbeläge und Dachbahn. Die PVC-Produktion nimmt weiterhin weltweit zu, insbesondere in Asien und Lateinamerika. Etwa 30% der weltweiten Chlorproduktion wird verwendet, um PVC herzustellen.<sup>1</sup>

Abb. 3-1 zeigt den weltweiten PVC-Markt im Jahr 2006 nach Regionen. Als der größte Produzent und Verbraucher wurde die PVC-Industrie in China in den letzten Jahren rasch entwickelt. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate betrug mehr als 20%. In Tab. 3-1 werden die Produktionsmenge und die Wachstumsrate in China zwischen 2003 und 2007 gezeigt.

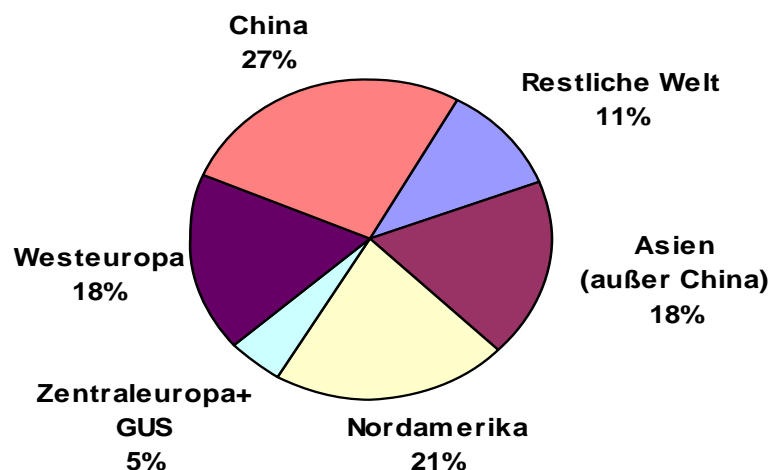


Abb. 3-1 PCV-Verbrauch im Jahr 2006

Quelle:

[http://www.agpu.com/fileadmin/user\\_upload/information\\_herunterlade/statistik/weltweit\\_pvc\\_nachfrage\\_2006.pdf](http://www.agpu.com/fileadmin/user_upload/information_herunterlade/statistik/weltweit_pvc_nachfrage_2006.pdf)

Tab. 3-1 PVC Produktion und Wachstumsrate in China 2003-2007

PVC Produktion und Wachstumsrate in China 2003-2007					
Jahr	2003	2004	2005	2006	2007
Produktion (Mio. t)	4	5,03	6,7	8,23	9,72
Wachstumsrate gegenüber Vorjahr	18,30%	25,75%	33,20%	22,80%	18,10%

Quelle: <http://www.docin.com/p-35942565.html>

<sup>1</sup> <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/toxics/polyvinyl-chloride/the-poison-plastic/>

In den meisten Ländern der westlichen industrialisierten Welt ist die Ethylenroute der primäre Prozess für die Herstellung von VCM. Sie hat ökologische Vorteile gegenüber der Acetylen-Route, welches die vorherrschende Technologie zur Produktion von VCM bis 1950 war. Heute ist Naphtha der primäre Rohstoff für die Herstellung von VCM. Die Acetylen-Route für VCM-Produktion ist weiterhin stark in China und Russland verbreitet, da diese Länder einen großen Vorrat an Kohle haben, ein primärer Rohstoff im Calciumkarbidprozess. Der Prozess bei der Produktion von PVC aus Erdöl und Kohle wird in Abb. 3-2 gezeigt. Für die Herstellung von PVC wird Vinylchlorid (VCM) als Monomer benötigt.

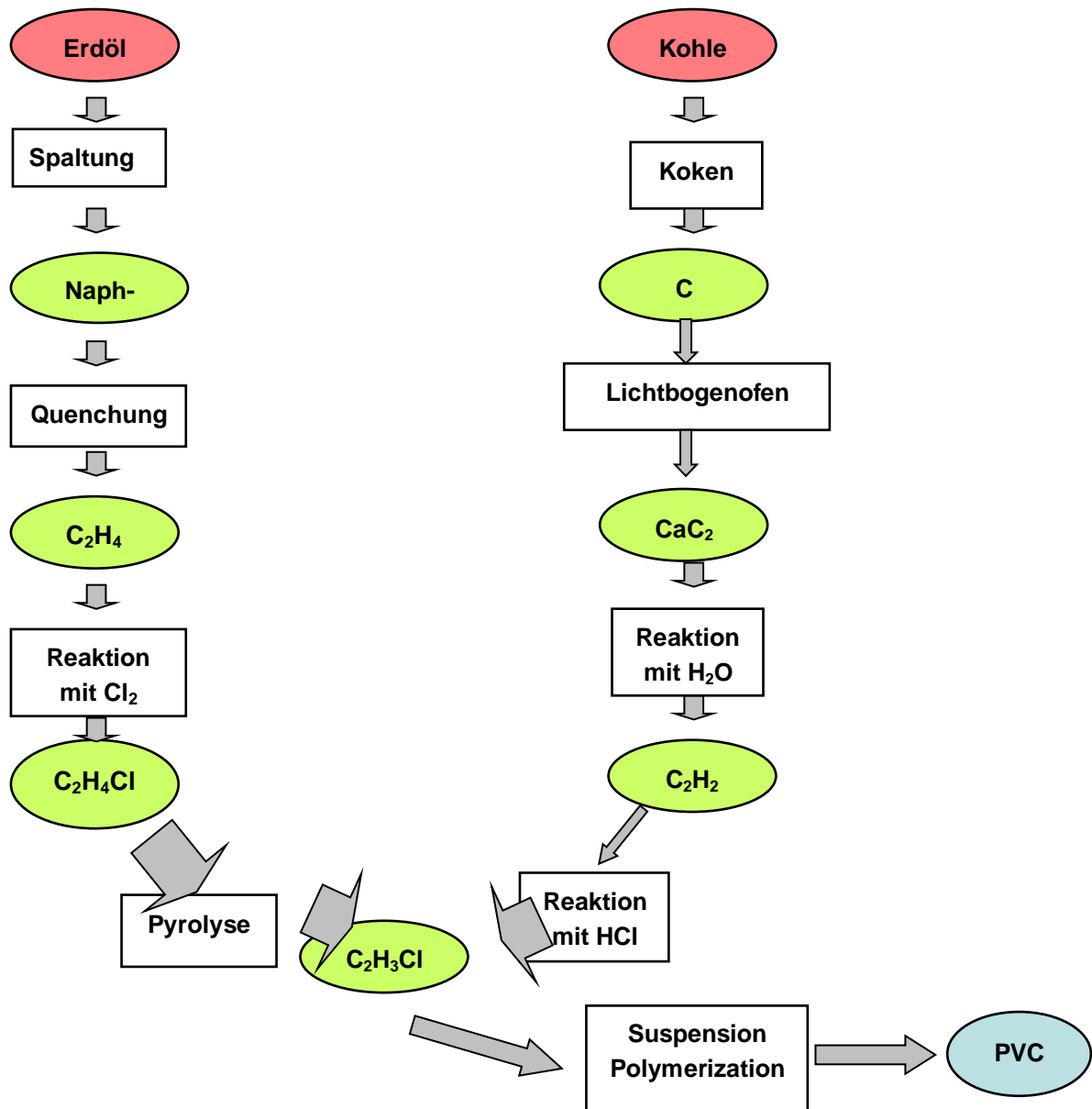


Abb. 3-2 Prozessstufen der Herstellung von PVC aus Erdöl und aus Kohle

Die Herstellung von PVC auf Basis Kohle und Erdöl lässt sich in folgenden Schritten aufgliedern:

1. Herstellung der Monomer Vorprodukte ( $C_2H_4$  und  $C_2H_2$ ) basierend auf Erdöl und auf Kohle

2. Monomerproduktion (VCM) mit Chlorproduktion ( $\text{Cl}_2$  oder  $\text{HCl}$ ) von Chlor-Alkali-Industrie
3. Herstellung von PVC durch Polymerisation

wobei sich nur die ersten beiden Teilschritte technisch und wirtschaftlich unterscheiden. In den folgenden Abschnitten werden die Herstellungsprozesse von dem Vorprodukt (Chlor) und dem Monomer (VCM) sowie das Öko-Profil von europäischem Suspensions-PVC erläutert.

### 3.1 Herstellung von $\text{Cl}_2$ aus der Elektrolyse von Kochsalz

Chlor wird in großem Umfang bei der Synthese von chlorhaltigen organischen Verbindungen eingesetzt. Vinylchloridmonomer (VCM) für die PVC-Synthese ist weltweit das wichtigste Produkt für die Chloralkaliproduktion. Chlor ist nur schwer zu lagern und wirtschaftlich zu transportieren und wird daher im Allgemeinen in der Nähe der Verbraucher erzeugt.<sup>2</sup> Die wichtigsten Technologien, die von den Methoden zur Trennung des Anodenprodukts Chlor von den direkt oder indirekt gewonnenen Kathodenprodukten Natronlauge und Wasserstoff zu unterscheiden sind, sind das Quecksilber- oder Amalgamverfahren, das Diaphragmaverfahren und das Membranverfahren.

Das Membranverfahren kommt ohne den Einsatz von Quecksilber oder Asbest aus und hat daher ökologische Vorteile gegenüber den beiden älteren Verfahren. Es ist darüber hinaus das Verfahren mit dem besten energetischen Wirkungsgrad. Wegen der ökologischen und ökonomischen Vorteile wird das Membranverfahren bei den meisten neuen Chlor-Alkali-Anlagen angewendet. Trotz dieser Vorteile erfolgte der Übergang zur Membranzellentechnologie in Westeuropa nur langsam, da die meisten vorhandenen Chloranlagen in den siebziger Jahren für eine Betriebszeit von 40 bis 60 Jahren errichtet wurden und keine weitere Produktionskapazität benötigt wurde.

In der Tab. 3-2 stellen die wichtigen Input- und Outputdaten von den drei verschiedenen Verfahren in der europäischen Chloralkali-Industrie. Der Energieverbrauch (thermische und elektrische Energie) pro Produkteinheit ist beim Membranverfahren deutlich niedriger und beträgt nur 80% gegenüber den Amalgam- und Diaphragmaverfahren. Im Jahre 2002 wurde das chinesische „Cleaner Production“ Gesetz erlassen, um eine saubere Produktion und die nachhaltigen Entwicklung zu fördern, die Effizienz der eingesetzten Ressourcen zu steigern, die Entstehung von Schadstoffen zu verringern, und Umwelt- und Gesundheitsschutz zu verbessern. Der vollständige Text des „Cleaner Production Promotion Law“ findet sich in Anhang A. In Tab. 3-3 sind die wichtigsten Daten des chinesischen Cleaner Produktion Standards für die Chloralkali-Industrie (Siehe Anhang B) mit den Angaben im europäischen BVT-Referenzdokument verglichen.

---

<sup>2</sup> Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken in der Chloralkaliindustrie. Dezember 2001

Tab. 3-2 Übersicht der Input- und Outputströme für die Chloralkali-Industrie

<b>INPUT, per tonne of chlorine produced</b>				
	<b>Membrane</b>	<b>Amalgam</b>	<b>Diaphragma</b>	<b>Comments</b>
<b>Raw materials</b>				
salt (NaCl)	1750 kg			in theory 1660 kg (no losses)
water	1-2.8 m <sup>3</sup>			only process water
steam	180 kWh	-	610 kWh	AC, typical use for 50% caustic
electricity	2790 kWh	3560 kWh	2970 kWh	AC, typical use, depends on the current density
<b>Auxiliaries</b>				
Mercury	-	2.6-10.9 g	-	
Asbestos	-	-	0.1-0.3 kg	
<b>EMISSIONS, per tonne of chlorine produced</b>				
	<b>Membrane</b>	<b>Amalgam</b>	<b>Diaphragm</b>	<b>Comments</b>
<b>Emissions into air</b>				
Hydrogen	100-1000 g			
Chlorine	0-16 g			
CO <sub>2</sub>	1.2-5 kg			
mercury	-	0.2-2.1 g	-	western Europe 1998
asbestos	-	-	0.04 mg	
<b>Emission into waste water</b>				
free oxidants	0.001-1.5 kg			
chlorate	0.14-4 kg			
bromate	0.22-550 g			
chloride	4-25 kg			
chlorinated hydrocarbons	0.03-1.16 g			
sulphate	0.3-0.7 kg (vacuum salt) 15 kg (rock salt)			depends on the purity of the salt
metals	Cr, Cu, Fe, Ni, Zn, etc			depends on the purity of the salt
mercury	-	0.01-0.65 g	-	western Europe 1998
asbestos	-	-	≤30 mg/l	no specific data available
<b>Solid waste</b>				
brine filtration sludges	120-775 g (vacuum salt) ~30 kg (rock salt)			
brine softening sludges	600 g	-	-	
mercury	-	0-84 g	-	western Europe 1998
asbestos	-	-	0.09-0.2 kg	depends on lifetime of diaphragms

Quelle: Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry

Tab. 3-3 Kenngrößen des europäischen BVT-Referenzdokument (BAT) und chinesischer „Cleaner Production“ für die Chloralkali-Industrie

	BAT Europe	Cleaner Production (Level 1 ) China
Process technology selection	Membrane technology or Non-asbestos diaphragm technology	Membrane technology or Non-asbestos diaphragm technology
Consumption Level		
Energy	No Liquefaction 3000 kWh/tonne (chlorine) Liquefaction 3200 kWh/tonne (chlorine) * 50% caustic soda	<4309 kWh/tonne (530kg SCE/tonne 45% caustic soda) <4860 kwh/tonne (chlorine)
Salt	1750 kg/tonne (chlorine)	1500 kg/tonne (NaOH) 1692 kg/tonne (chlorine)
Water	1-2,8 m <sup>3</sup> (only process water)	< 6 m <sup>3</sup> (NaOH)
Generation of waste (brine sludges)	30 kg/t (chlorine)	40 kg/t (NaOH) 45 kg/t (chlorine)
Use of management systems to reduce the environmental, health and safety risks	Yes	Yes

Quelle: Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry  
Cleaner production standard Chlor-alkali industry (Caustic soda) 2009

### 3.2 Herstellung von Ethylen und Vinylchloridonomer aus Erdöl

Ethylen wird in Crackanlagen aus Ethan, Propan und Naphtha hergestellt. In Europa wird vor allem Naphtha als wichtigste Rohstoffquelle für die Erzeugung von Ethylen eingesetzt. Die Erzeugung von monomerem Vinylchlorid (VCM) wird heute durch der Chlorierung und Oxihydrochlorierung von Ethylen und der thermischen Spaltung von 1,2-Dichlorethan (EDC) realisiert. Das Grundfließbild der VCM-Erzeugung auf Basis Ethylen ist in Abb. 3-3 schematisch dargestellt.

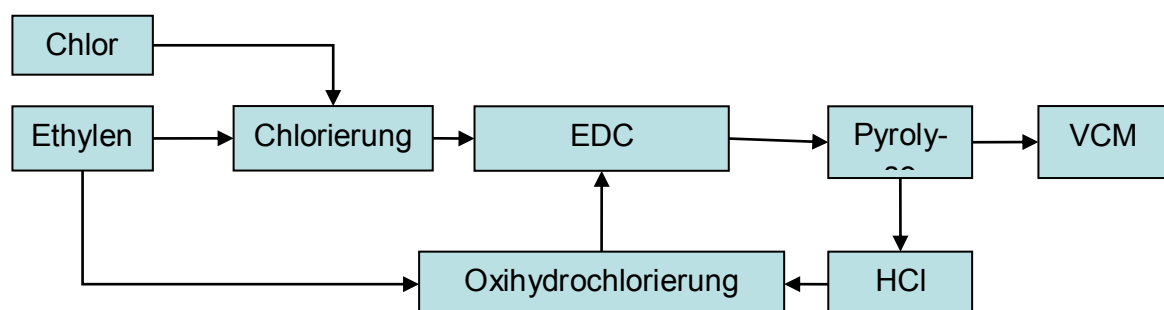


Abb. 3-3 Herstellung von Vinylchlorid auf Basis von Ethylen

### 3.3 ECVM und Eco-Profile von PVC Industrie in Europa

Der Europäische Verband der Vinylhersteller (ECVM) hat zwei industrielle Selbstverpflichtungen verabschiedet:

- Die ECVM-Charta für die Herstellung von Vinylchloridmonomer (VCM) und PVC (Suspensionsprozess), 1994
- Die ECVM-Charta für die Herstellung von Emulsions-PVC, 1998.

Von der Oslo- und Paris-Kommission (OSPAR) sind die "Empfehlung zu Emissions- und Einleitungsgrenzwerten für E-PVC (2000/3)" und der "Beschluss zu Emissions- und Einleitungsgrenzwerten für S-PVC (98/5)" von Bedeutung. OSPAR hat darüber hinaus eine "Empfehlung zu den BVT bei der Herstellung von E-PVC (99/1)" herausgegeben. Mit den genannten Chartas werden die wichtigen Grenzwerte in der Tab. 3-4 zusammengefasst. Das Ökoprofil von Suspensions-PVC wurde im Jahr 2006 von ECVM veröffentlicht. In Tab. 3-5 wird die wichtigsten Verbrauchs- und Emissionsdaten von S-PVC mit der Vorkette zusammengefasst.

Tab. 3-4 Übersicht den Grenzwerten vom ECVM Charta

Kriterium (Höchstwert)	Suspensions-PVC	Nur Emulsions-PVC	Emulsions-PVC mit gemeinsamer Behandlung mit S-PVC
<b>Gesamt-VCM-Emission in die Luft</b>	80 g/t PVC (OSPAR) 100 g/t PVC ; einschl. diffuse Emissionen (ECVM)	1000 g/t PVC; einschl. diffuse Emissionen (ECVM) 900 g/t PVC für bestehende Anlagen (OSPAR) 500 g/t PVC für neue Anlagen (OSPAR)	
<b>VCM-Emission durch Abwässer</b>	1 g/m <sup>3</sup> und 5 g/t PVC (OSPAR) 1 g/m <sup>3</sup> (ECVM)	1 g/m <sup>3</sup> und 10 g/t PVC (OSPAR)	1 g/m <sup>3</sup> oder 5 g/t E+S-PVC (OSPAR)
<b>VCM-Konzentration im normalen Endprodukt</b>	5 g/t PVC für allgemeine Einsatzbereiche und 1 g/t PVC für den Einsatz im Nahrungsmittelbereich und medizinischen Bereich (ECVM)	1 g/t PVC (EVCM)	
<b>Chemischer Sauerstoffbedarf</b>	Bei Einzelanlagen: 125 mg COD pro Liter. Bei integrierten Anlagen: 250 mg CSB pro Liter (OSPAR)	250 mg CSB pro Liter Wasser (OSPAR)	
<b>Abfiltrierbare Feststoffe</b>	30 mg abfiltrierbare Stoffe pro Liter (OSPAR)	30 mg abfiltrierbare Stoffe pro Liter (OSPAR)	
Anmerkung: Die wasserseitigen OSPAR-VCM-Emissionswerte beziehen sich auf den Stripperablauf, vor Kläranlage			

Tab. 3-5 Kenngrößen des Ökoprofiles von S-PVC (pro kg S-PVC)

Parameter	Einheit	Wert
<b>Energieverbrauch</b>	MJ	56,7
<b>Wasserverbrauch</b>	kg	460
Prozesswasser	kg	10
Kühlwasser	kg	450
<b>Emission mit Abluft</b>		
CO <sub>2</sub>	kg	1,8
VCM	mg	<74,3
Quecksilber	mg	<0,24
SO <sub>2</sub>	g	<2,6

Quelle: Eco-profiles of the European Plastics Industry; Axel Ostermayer Jürgen Giegrich; ECVM July 2006

### 3.4 Acetylen-Herstellung und Vinylchloridonomer aus Kohle

Die Acetylenherzeugung mit Kohle besteht aus vier Verfahrensschritten:

1. Erzeugung von Koks aus Kohle
2. Erzeugung von Kalk aus Kalkstein
3. Erzeugung von CaC<sub>2</sub> im elektrothermischen Ofen
4. Zersetzung von CaC<sub>2</sub> mit Wasser zu C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

Das erste technische Verfahren zur Herstellung von Vinylchlorid basierte auf der Addition von Chlorwasserstoff und Acetylen, das zunächst nur aus Karbid hergestellt wurde. In der Reaktion wird HgCl<sub>2</sub> als Katalysator angewendet. Das Grundfließbild der VCM-Erzeugung von Acetylen ist in Abb. 3-4 schematisch dargestellt.

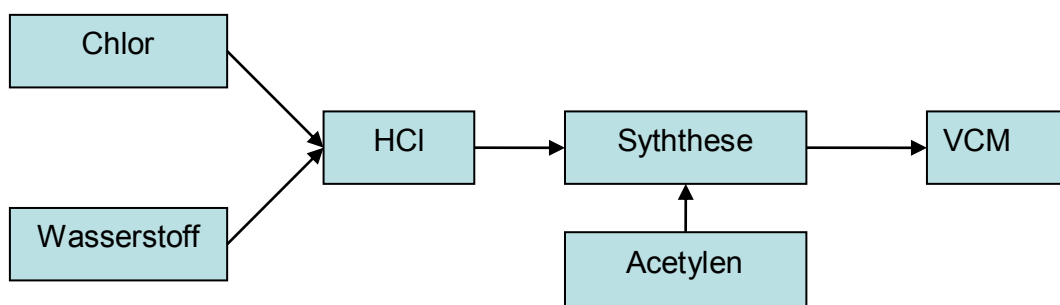


Abb. 3-4 Vinylchlorid-Herstellung auf Basis Acetylen

Bei dem chinesischen „Cleaner Production“ Standard für PVC-Industrie (Siehe Anhang C) werden die PVC-Hersteller nach dem Material- und Energieverbrauch und die Umweltbelastung in drei Klassen für verschiedene „Cleaner Production“ Niveaus eingeordnet. Die erste Klasse bedeutet das internationale fortgeschrittene „Cleaner Production“ Niveau. Die zweite Klasse ist das nationale fortgeschrittene „Cleaner Production“ Niveau. Die dritte Klasse ist das nationale „Cleaner Production“ Grundniveau. Die wichtigen Kenngrößen hierzu sind in

Tab. 3-6 zusammengestellt.

Tab. 3-6      Kenngrößen von S-PVC aus dem chinesischen Cleaner Production Standard (Angaben pro Tonne S-PVC)

\* Der Karbidverbrauch wird mit dem Standardkarbid berechnet. Je kg Standardkarbid kann 300Liter Acetylen produzieren.

	<b>1. Klasse</b>	<b>2.Klasse</b>	<b>3. Klasse</b>
Karbidverbrauch* (kg)	≤1400	≤1420	≤1450
Energieverbrauch (t SCE)	≤0,24	≤0,26	≤0,32
Wasserverbrauch (t)	≤9,0	≤10,5	≤12,0
Karbidschlamm (t)	≤1,60	≤1,65	≤1,70

zieren.

Quelle: Cleaner production standard Chlor-alkali industry (Polyvinyl Chloride) 2009

## 4      Ökobilanz für ZhongTai Umberto Modellierungsprojekt

### 4.1    Vorstellung der Arbeitsgruppe

Die deutsch-chinesische Arbeitsgruppe dieses Teilprojekts besteht aus Vertretern folgender Organisationen: IFEU-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, IFU-Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH, ZhongTai Chemical Company Xinjiang und Xinjiang Akademie für Umweltschutzwissenschaften.

Das IFEU-Institut ist ein unabhängiges ökologisches Forschungsinstitut, das 1978 von Wissenschaftlern der Universität Heidelberg gegründet wurde<sup>3</sup>. Die Ökobilanzierung von Produkten und ganzen Betriebsstandorten ist ein Schwerpunktthema am ifeu-Institut. Die Auftraggeber für Ökobilanzen und Stoffstromanalysen sind zahlreiche Unternehmen, internationale Industrieverbände oder öffentliche Einrichtungen und Behörden. Das ifeu-Institut war und ist maßgeblich an der Erstellung von Ökobilanzen im Auftrag staatlicher Organisationen (z.B. Umweltbundesamt Dessau) beteiligt. Außerdem wurden Bilanzen zu nachwachsenden Rohstoffen und zur Landwirtschaft erstellt. Mitarbeiter des IFEU sind an der Methodenentwicklung und an der internationalen Normierung beteiligt.

Das IFU wurde 1993 von Experten aus dem Umfeld der Umweltinformatik gegründet. IFU ist bekannt als Entwickler der Ökobilanz- und Stoffstrommanagementsoftware Umberto<sup>®</sup>, die das weltweit flexibelste und leistungsfähigste Softwaretool zur Modellierung, Berechnung, Visualisierung und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen ist. Die Anwender profitieren von Umberto<sup>®</sup>, indem sie Produktionssysteme analysieren und optimieren. Dabei kann eine Produktionslinie, ein Werk oder ein gesamtes Unternehmen im Fokus der Untersuchung stehen<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> <http://www.ifeu.de/index.php?seite=dasinstitut>

<sup>4</sup> <http://www.ifu.com/de/products/umberto/index.htm>





Abb. 4-1 Das Team für das ZhongTai-Projekt von RECAST Urumqi

Die Xinjiang Akademie für Umweltschutzwissenschaften wurde im Jahr 1976 gegründet. Die Tätigkeiten von der Xinjiang Akademie für Umweltschutzwissenschaften sind vor allem die Umweltschutzforschung besondere in ariden Gebieten, die rationelle Nutzung der Abwassertechnik, die Umweltverträglichkeitsprüfung, die technische Beratung für „Cleaner Production“ und die internationale wissenschaftliche und technologische Kooperationen in der Forschung.

Die ZhongTai Chemical Company wurde im Jahr 2001 gegründet. Das Unternehmen hat als Schwerpunkt die Erzeugung von Chloralkali-Produkten einschließlich PVC, Ätznatron, Natriumhypochlorit und Salzsäure. In Jahr 2009 wurde die PCV Produktion von 480,000 Tonnen erzielt. Nach dem Plan wird die Produktionskapazität bis zum Jahr 2015 auf 2,6 Millionen Tonnen steigen.

Der wichtigste Rohstoff von ZhongTai ist Steinkohle, die bei der Herstellung von PVC über die Acetylen-Route eingesetzt wird. Ähnlich wie bei der Chloralkali-Industrie in anderen Teilen der Welt nutzt ZhongTai eine Ionenaustauschermembran bei der Elektrolyse von Sole und produziert eine Reihe von Chemikalien wie Natronlauge und Salzsäure. Dies stellt ein vereinfachtes Flussdiagramm des ZhongTai Chemical Company dar, einschließlich der Rohmaterial (Input), Produkte (Output), Prozess-Energie (Input) und Emissionen (Output). Diese grafische Darstellung fasst die wichtigsten industriellen Komponenten von diesem Chemie-Unternehmen, die in einem Ökoprofil betrachtet werden. Zur besseren Übersicht ist die Darstellung auf die wichtigsten Input-/Outputströme und Verfahrensschritte beschränkt.

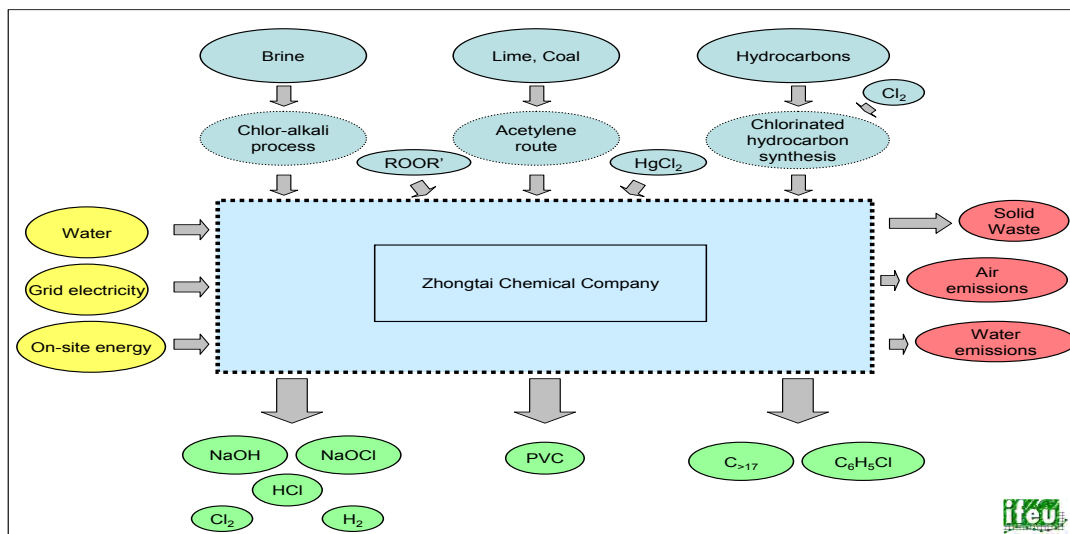


Abb. 4-2 Produktionsprozesse der ZhongTai Chemical Company

## 4.2 Projektbedingungen

Das Projekt wird in der ZhongTai Chemical Company durchgeführt, um Stoff- und Energieflüssen mit Umberto® zu modellieren. Aus den Modelldaten wird ein Ökoprofil für ZhongTai Chemical Company erstellt, das die Grundlage für die Ermittlung der Potenziale zur Energie- und Ressourcensparen und Verminderung der Emissionen, Abfall und Abwasser darstellt. Die ZhongTai Chemical Company hat komplexe und vollständige Produktionsketten. Neben zwei Produktionsstandorten und einem Karbidwerk verfügt die Firma auch über eigene Förderstätten für Salz und Kalkstein und Steinkohle sowie ein KWK-Kraftwerk zur Energieversorgung. Der Hauptsitz von ZhongTai Chemical Company befindet sich in der Stadt Urumqi. Die Werke zur Gewinnung von Rohstoffen und zur Produktion sind in der Provinz Xinjiang verteilt. Die Standorte von ZhongTai Chemical Company werden in der Abb. 4-3 gezeigt.



Abb. 4-3 Standorte der ZhongTai Chemical Company, Urumqi/Xinjiang

Die wichtigen Rohstoffe und Strom zur Produktion werden eigenen Werken gefördert, z-T. auch von Dritten bezogen. Nach den Funktionen können die Prozesse wie folgt differenziert werden:

#### 1. Rohressourcengewinnung

Um von Marktschwankungen unabhängiger zu sein und zur Kostenreduktion erschließt die Firma die wichtigen Produktionsrohressourcen mit eigenen Werken.

#### 2. Herstellung von den Vorprodukten und Produkten

ZhongTai hat zurzeit zwei Produktionsstätten in der Stadt Urumqi in den Distrikten Xishan und Midong sowie ein Karbidwerk in Fukang. Die Hauptprodukte von ZhongTai sind PVC, Ätznatron. Außerdem produziert die Firma auch zahlreiche wertvolle Nebenprodukte z.B. Salzsäure Natriumhypochlorit-Lösung. Karbid wird als Vorprodukt in der PVC-Produktion eingesetzt, dabei wird ca. 30% des benötigten Karbids im einigen Karbidwerk produziert und in den eigenen PVC-Werken verbraucht.

#### 3. Energie- und Wärmeversorgung

Die Wärme- und Kälteenergie (Dampf und Kühlwasser) wird direkt vor Ort erzeugt. Das KWK-Kraftwerk ist ein integrierter Bestandteil des Midong PVC-Werks zur Strom- und Dampferzeugung.

#### 4. Transport

Das Rohmaterial und die Vorprodukte werden zwischen verschiedenen Werken transportiert. Die Material- und Energieflüsse zwischen den verschiedenen Funktionsgebieten von der ZhongTai Chemical Company sind in Abb. 4-4 dargestellt.

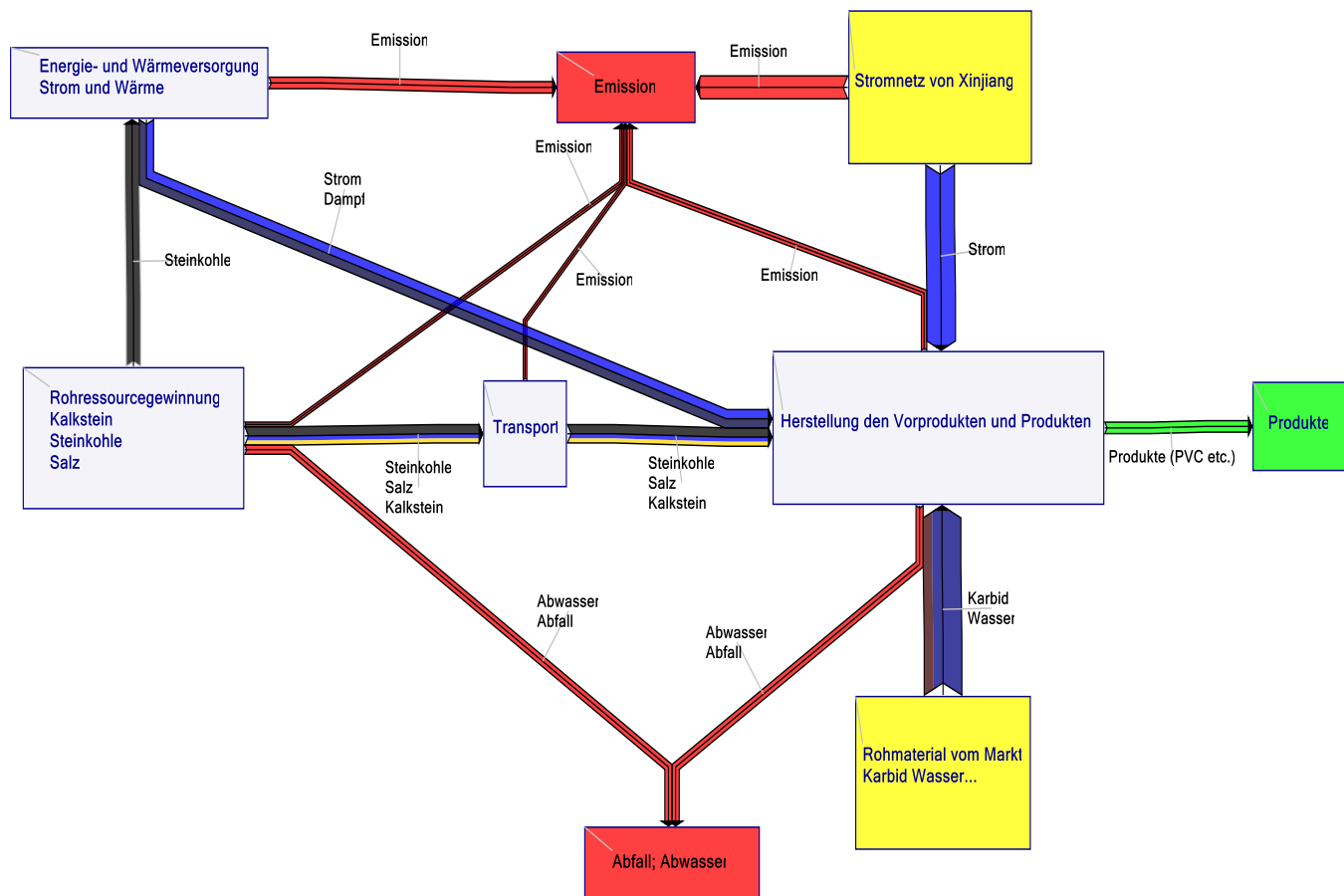


Abb. 4-4 Die Struktur der ZhongTai Chemical Company

Im März 2010 wurde die 1. Phase des Projekts in ZhongTai erfolgreich abgeschlossen. Das Xishan Werk ist das erste PVC-Werk der ZhongTai Chemical Company mit einer PVC-Produktion von 170.000 Tonnen im Jahr 2009. Das Werk wird nach dem Plan in fünf Jahr umziehen, weil das Werk direkt neben dem Wohngebiet und Bahnhof in der Stadt Urumqi sich befindet. Als Test wird das Projekt zuerst im Xishan-Werk angefangen, um die Erfahrung für weitere Modellierung zu sammeln.

Bei der 1. Phase wurde das Teilmodell zuerst nur in der PVC-Linie von Xishan-Werk eingestellt. Die Stoff- und Energieflüssen von der Vorkette war in diesem Modell nicht berücksichtigt, z.B. der Energieverbrauch zur Herstellung vom Karbid und Chlor. Die Chlor-Alkali-Linie und die PVC-Linie werden im Xishan-Werk zusammengebaut. Das 1. Teilmodell ist nur ein Teil von diesem Xishan-Werk, dessen die Alkali-Linie in der 1. Phase noch nicht im Modell eingesetzt ist. In diesem Modell werden das Karbid vom Karbidwerk und HCl der Chlor-Alkali-Linie als Input genommen. Der Strom für Produktion wird durch dem Xinjiang Stromnetz versorgt. Die Wärme- und Kühlenergie kommt aus einer Abteilung im Werk vor Ort. Der gemeinsame Energie- und Materialverbrauch wird nach dem tatsächlichen Verbrauch zwischen PVC-Linie und Chlor-Alkali-Linie verteilt.

Das 1. Phase Modell wird nach folgenden Schritten eingestellt. Die grafische Darstellung befindet sich in Anhang D.

1. Aufbau der Materialliste für den PVC-Produktionsprozess

2. das Fließbild von der PVC-Linie
3. die Spezifikation für jede wichtige Anlage in den PVC-Produktionsprozess
4. Definition den wichtigen Parametern um den Produktionsprozess zur Bewertung
5. Analyse des Potenzials zur Energie- und Ressourceneinsparung in dem PVC-Produktionsprozess

### 4.3 Werknetz des Modells in der 1. Phase

In Abb. 4-5 ist das Umberto-Modellwerknetz der 1. Projektphase dargestellt. Das ganze Netzwerk von der PVC-Linie wird von 3 Teilen gegliedert. Der Herstellungsprozess von Acetylen steht ganz oben an. In der Mitte ist der VCM-Prozess. In diesem Prozess wird VCM von Acetylen mit HCl von Chlor-Alkali-Linie produziert. Unten im Bild sind die Polymerisationsprozess und die Nachbehandlungsprozesse zu sehen.

Die Hauptstoffflüsse fließen von links nach rechts und von oben nach unten. Die gereinigten und umgewandelten Rohstoffe werden mit dem Rücklauf von hinten nach vorne wieder im Prozess zurückgefüllt, um die Stoffeffizienz zu erhöhen.

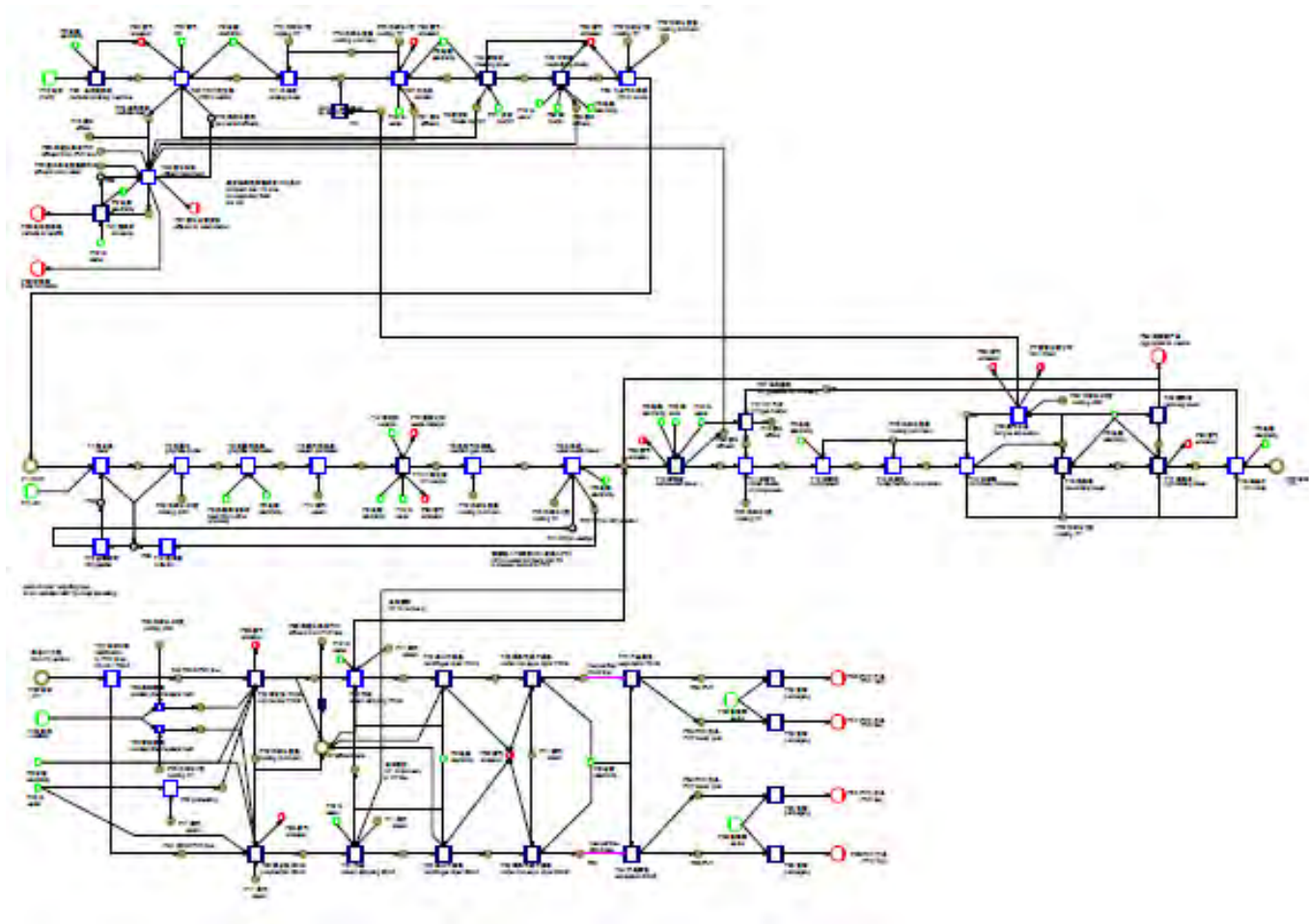


Abb. 4-5 Umberto®-Modellwerknetz des Teilmodells in der 1. Projektphase

## 5 Zwischenergebnis

### 5.1 Kenngrößen für die S-PVC Produktion im Xishan-Werk

Anhand der Modellberechnung werden die wichtigsten Parameter von PVC-Produktionsprozess, wie zum Beispiel Energieverbrauch pro Produkt-Einheit, Wasserverbrauch pro Produkt-Einheit und Abfall pro Produkt-Einheit in Tab. 5-1 gezeigt. Die gesamte Balancetabelle befindet sich in Anhang B.

Tab. 5-1 Kenngrößen für die S-PVC Produktion von Xishan-Werk (pro Tonne PVC)

Parameter	Wert	Einheit
CO <sub>2</sub>	1,17	t
Energieverbrauch	7,13	GJ
Karbidverbrauch*	1,39	t
Wasserverbrauch	5,68	t
Karbidschlacke	1,69	t

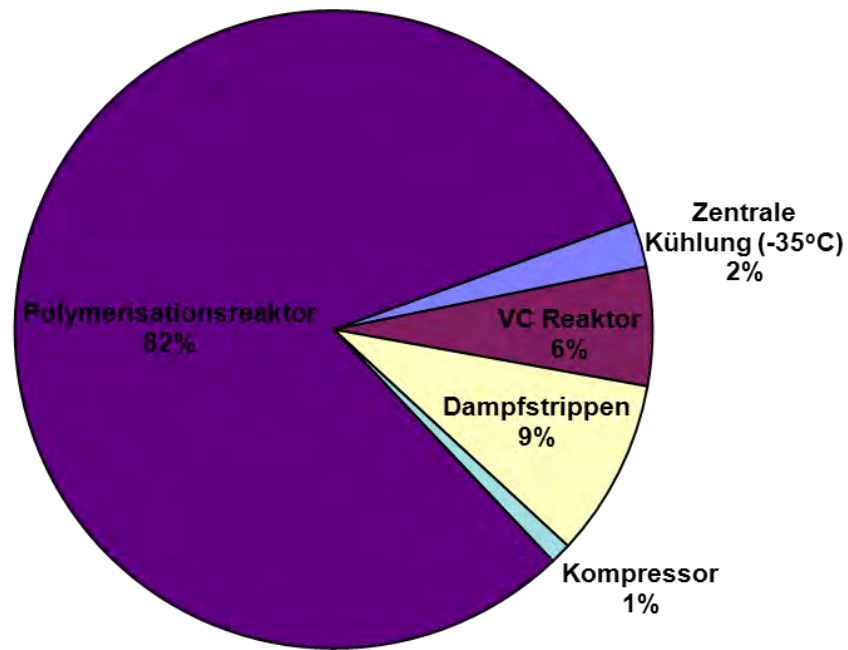
\* Der Karbidverbrauch wird nach dem chinesischen „Cleaner Production“ Standard mit dem Standardkarbid berechnet. Je kg Standardkarbid kann 300 Liter Acetylen produziert werden. Der reale Wert des Karbidverbrauchs im Xishan-Werk ist größer als der Standardwert.

### 5.2 Potential zur Reduktion des Wasserverbrauchs

#### 5.2.1 Wasserverbrauch

Die Fabrik in Xishan (Shayibake Distrikt) verwendet das Carbidverfahren zur Herstellung von Vinylchlorid, eine Vorstufe des Polyvinylchlorids. Der Wasserverbrauch beträgt für den gesamten Herstellungsprozess ca. 5,7 t H<sub>2</sub>O / t PVC, in Deutschland liegt der durchschnittliche Verbrauch bei ca. 3-4 t H<sub>2</sub>O / t PVC. Bei einer jährlichen Produktion von ungefähr 172.000 t PVC beträgt der Gesamtwasserverbrauch folglich ca. 980.000 t H<sub>2</sub>O pro Jahr. Das Wasser besteht aus zwei Typen (entionisiertes Wasser und industrielles Rohwasser) je nach der Qualität. und wird entionisiert als Prozesswasser und bei niedrigerer Qualität als Kühlwasser mit unterschiedlichen Temperaturen verwendet. In Abb. 5-1 wird der Wasserverbrauchsanteil von den verschiedenen Anwendungszwecken bei Xishan Werk im Jahr 2009 dargestellt. Das meiste hochwertige entionisierte Wasser wird im Polymerisationsprozess verbraucht. Das industrielle Rohwasser wird überwiegend in Kühlsystem verbraucht, wegen des Luftkühlungssystems wird viel Wasser verdunstet. Auf die zentrale Kühlung entfällt ca. 58% industriellen Rohwasserverbrauchs.

**Verbrauch von entionisiertem Wasser Xishan-Werk 2009**



**Verbrauch von industriellem Wasser Xishan-Werk 2009**

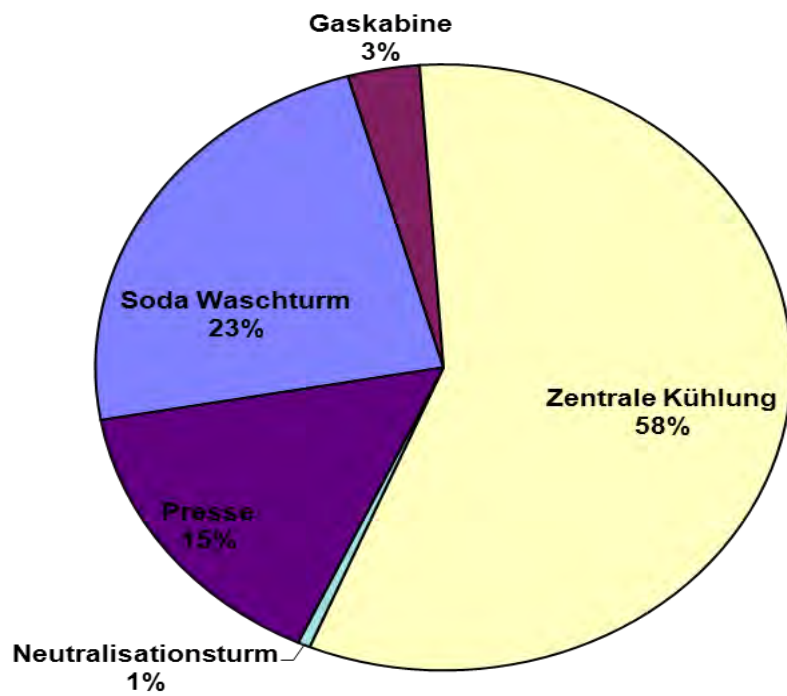


Abb. 5-1 Wasserverbrauch im Xishan Werk 2009

Das PVC-partikelhaltige Abwasser aus dem mechanischen Trocknungsprozess kann nicht direkt wieder im Polymerisationsprozess zurückgeführt werden. Das Abfallwasser wird zurzeit zum Teil als Prozesswasser zum Acetylenprozess geliefert und das Restabwasser über eine Entfernung von 15 km in Verdunstungsbecken gepumpt. Bei dieser Situation wird sowohl die Ressource Wasser nicht vollständig genutzt, als auch zusätzliche Energie verwendet. Die Wasser- und PVC-Produktionsflüsse von dem aktuellen Verfahrensprozess im Xishan-Werk werden in der Abb. 5-2 gezeigt.

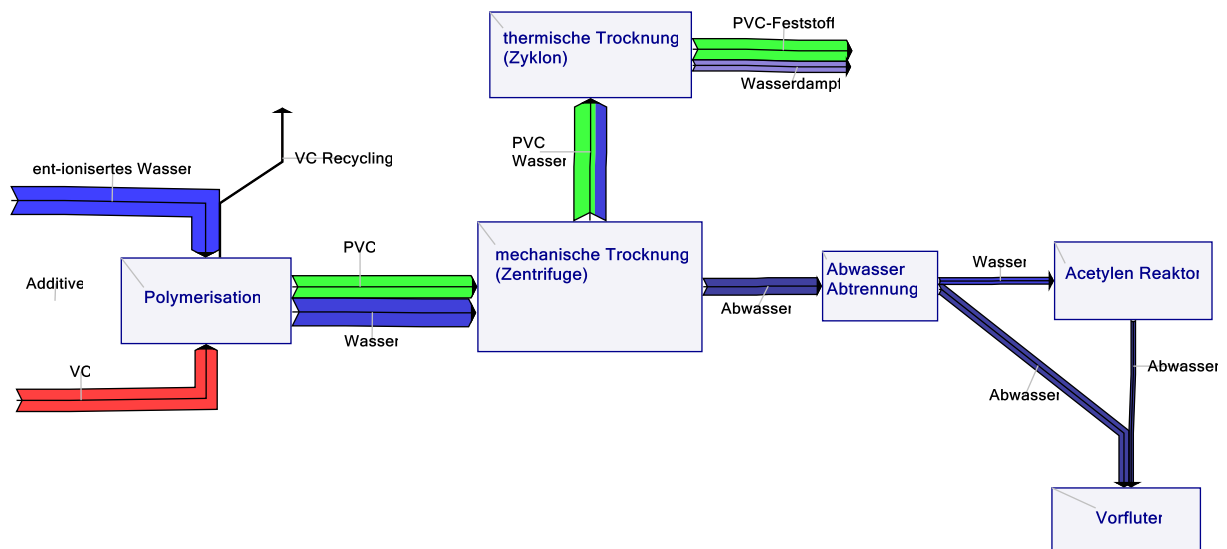


Abb. 5-2 Wasserflüsse im PVC-Produktionsprozess vom Xishan-Werk

Der Wasserverbrauch entspricht ca. 1/5 des jährlichen industriellen Wasserverbrauchs im Shayibake Distrikt. In Midong beträgt die Produktionskapazität ca. 310.000 t PVC pro Jahr, bei gleichem durchschnittlichem Verbrauch wie in Xishan läge der Gesamtwasserverbrauch dann bei 1,8 Millionen t H<sub>2</sub>O pro Jahr, das entspricht der Hälfte des industriellen Wasserverbrauchs in Midong. Geplant ist außerdem, bis Oktober 2015 die Produktion in Xishan, Midong und Fukang auf 2,6 Millionen t PVC auszubauen.

Vergleicht man den Wasserverbrauch zur PVC-Produktion mit dem häuslichen Wasserverbrauch von 90 m<sup>3</sup>/Jahr pro Kopf, verbraucht die PVC-Produktion in Xishan im Jahr so viel wie fast 11.000 Einwohner, in Midong so viel wie fast 20.000 Einwohner von Urumqi. Im Produktionsprozess in Xishan stammt bereits ein Teil des Wassers, das für das Karbidverfahren im C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-Reaktor benötigt wird, aus dem Abwasser der Polymerisation, die mit 545.000 t H<sub>2</sub>O / Jahr am meisten Wasser verbraucht. Weitere Outputs aus dem Polymerisationsprozess sind Karbidschlacke und Wasserdampf.



Tab. 5-2 Wasserverbrauch in der Stadt Urumqi und seinen Distrikten<sup>5</sup>

Distrikt	Bevölkerung	Wasserverbrauch [ $10^4 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ ]				Wasserverbrauch pro Person [ $\text{m}^3 \text{ a}^{-1}$ ]
		Summe	Landwirtschaft	Industrie	Haushalte	
Tianshan	515.356	8.989	427	3.338	5.224	174
Shayibake	522.747	4.642	183	508	3.951	89
Xinshi	483.210	9.440	3.306	477	5.657	195
Shuimogou	235.646	4.081	799	480	2.802	173
Toutunhe	127.860	5.063	1.514	2.959	590	396
Dabancheng	42.416	9.530	9.048	300	182	2.247
Midong	295.801	22.368	17.426	3.076	1.866	756
Urumqi County	89.928	16.163	15.407	100	656	1.797
<b>Urumqi City</b>	<b>2.312.964</b>	<b>80.275</b>	<b>48.111</b>	<b>11.237</b>	<b>20.927</b>	<b>347</b>

### 5.2.2 Einsparoptionen

Durch verbesserte Wasseraufbereitung durch einen Membranklärfahrer<sup>6</sup> nach der Polymerisation könnte eine Reduktion des Wasserverbrauchs um 50 % erreicht werden; dadurch könnte der Wasserverbrauch auf 1,5 t H<sub>2</sub>O / t PVC sinken. Der Gesamtwasserverbrauch würde um 26% reduziert (siehe Tab. 5-3). Auch die Rückgewinnung von Wasserdampf und des im PVC-Kuchen enthaltenen Wassers (60%) wären Optionen die Sekundärnutzung zu erhöhen und den Gesamtwasserverbrauch zu reduzieren. Besonders Wiedereinspeisung von entionisiertem Wasser bieten sich an, da dieses relativ teuer ist und daher über ein höheres ökonomisches Einsparpotential verfügt.

Tab. 5-3 Gesamtwasserverbrauch abhängig vom durchschnittlichen Wasserverbrauch in der Produktion

Wasserverbrauch (t H <sub>2</sub> O / t PVC)	5,68	5,00	4,18	4,00	3,00
Gesamtwasserverbrauch (t H <sub>2</sub> O)					
Xishan (172.000 t PVC/Jahr)	976.960	860.000	718.960	688.000	516.000
Midong (310.000 t PVC/Jahr)	1.760.800	1.550.000	1.295.800	1.240.000	930.000
Einsparung (t H <sub>2</sub> O/Jahr)					
Xishan	0	116.960	258.000	288.960	460.960
Midong	0	210.800	465.000	520.800	830.800

Der Prozess der Abwasserbehandlung- und -rückgewinnungsanlagen ist in Abb. 5-3 schematisch dargestellt.

<sup>5</sup> Water Affairs Bureau (2007): Water Report 2007. Urumqi City.

<sup>6</sup> Vgl. Schmitz & Heßberg (2009): EU-LIFE-Projekt. PVClean – Optimierung der Prozesswasserführung bei der S-PVC-Herstellung. Laienbericht.

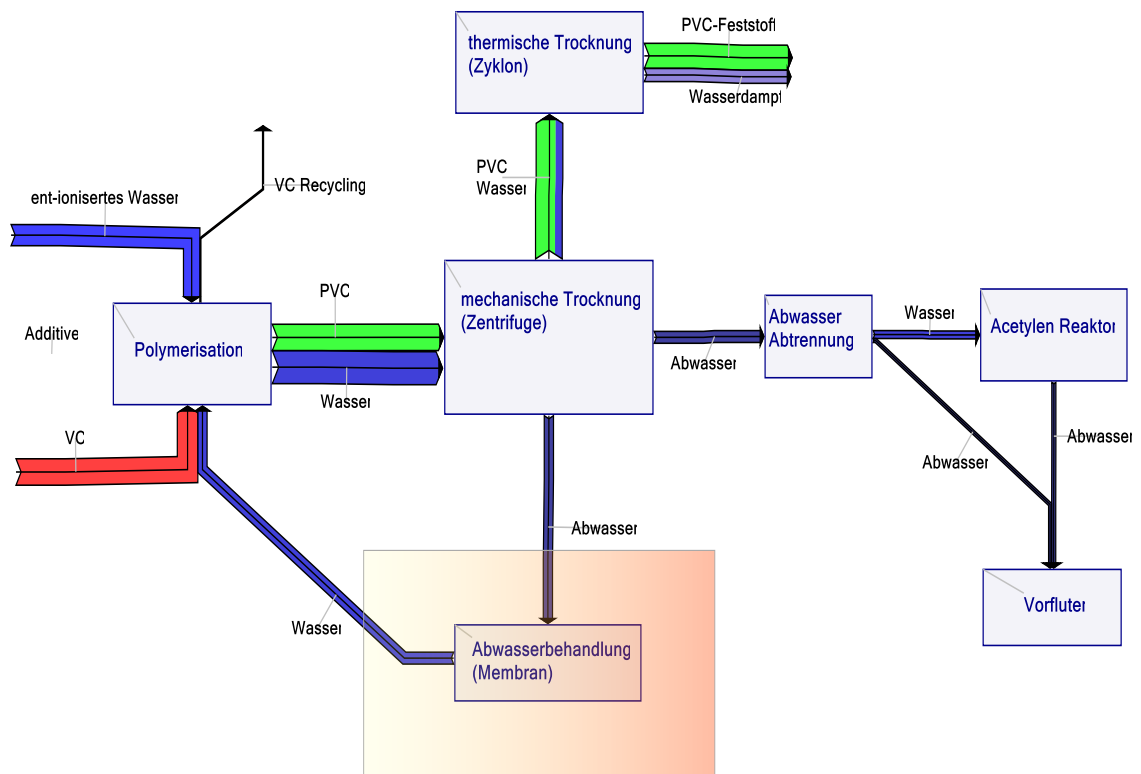


Abb. 5-3 Abwasserbehandlung und –Rückgewinnungssystem

## 5.3 Potential zur Reduktion des Energieverbrauchs

### 5.3.1 Dampfverbrauch

Das Xishan-Werk hat einen Dampfgenerator, um den Dampf für Produktion zu erzeugen. Der erzeugte Dampf wird bei der Chlor-Alkali-Linie und PVC-Linie gemeinsam benutzt. Im Jahr 2009 wird 30.400 Tonnen Kohle zur Dampferzeugung für PVC-Linie verbrannt. Bei der PVC-Linie wird 30% Dampf im Trocknungsprozess verbraucht, um kalte Luft zu erhitzen. Die erhitze Luft wird als Mittel zur Trocknung des feuchten PVC benutzt und in die Umgebung emittiert. Der Dampf wird bei dem Dampfstrippen- und Polymerisationsprozess durch den direkten Wärmetausch als Prozesswasser in System eingesetzt.

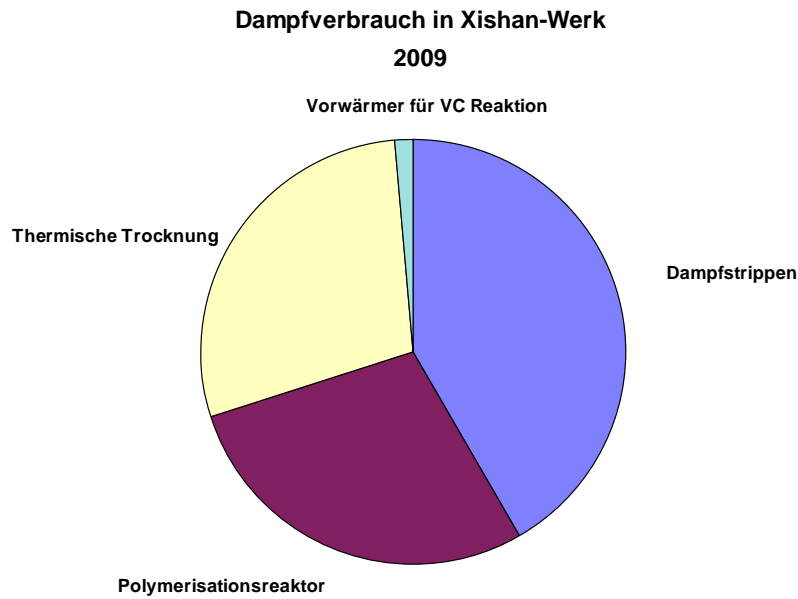


Abb. 5-4 Dampfverbrauchsanteil an den verschiedenen Prozessen im Xishan-Werk 2009

### 5.3.2 Einsparoptionen

Durch die Modellierung und die Diskussion mit den Kollegen von ZhongTai wurde eine Möglichkeit zur Wärmerückgewinnung gefunden. Mit dem Wärmetauscher kann kalte Luft durch das Abgas vorgewärmt werden, um die Wärmeenergieeffizienz zu steigern, und somit Brennstoff eingespart werden. Das technische Fließbild für den Ist-Zustand und die Option mit Wärmetauscher sind in der

Abb. 5-5 dargestellt.

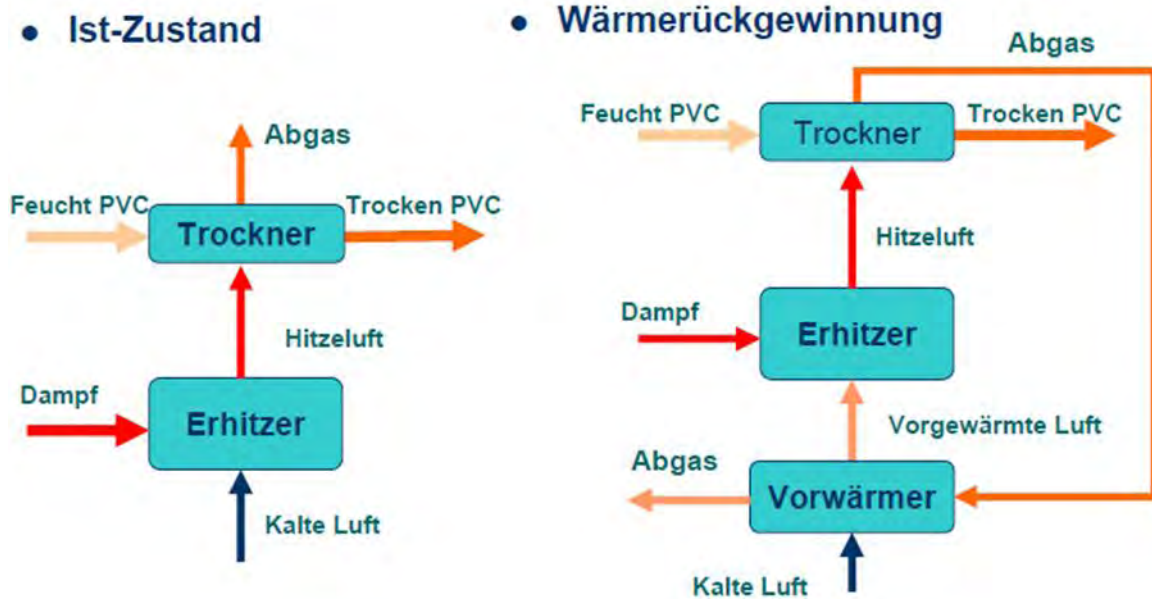


Abb. 5-5 Optimierungsmöglichkeiten für den Trocknungsprozess

## 6 Perspektiven für den nächsten Schritt

Das ZhongTai Projekt ist ein Leuchtturmprojekt im Rahmen von RECAST Urumqi. In diesem Projekt werden die drei Arbeitsgruppen (Energie-, Wasser- und Kreislaufwirtschaftsgruppe) miteinander in noch stärker vernetzt. Die Modellierung der Stoff- und Energieflüssen in ZhongTai Chemical Company ist systematisch und zunehmend komplett und erlaubt die Produktionsplanung und die technische Optimierung des Einsatzes von Energie und Rohstoffen. Sie ist damit auch ein Vorbild für andere Industrieunternehmen in Urumqi und in anderen Regionen Chinas.

Die geplanten weiteren Arbeiten dienen der Datenerhebung und der Verfeinerung des Modells. Darauf aufbauend werden Szenarien für die Optimierung von den Produktionsprozessen entwickelt. Im dritten Schritt soll das Modell das Prozessnetz des Gesamtunternehmens abgebildet werden.

In der ersten Phase werden die folgenden Probleme und Schwierigkeiten während der Arbeit aufgetaucht. Zuerst sind die genauen technischen Daten nicht komplett vorhanden. So werden zum Beispiel die Emissionen von  $C_2H_2$  und VCM sind nicht an den Anlagen gemessen. Zum zweiten wird das Modell mit Umberto eingestellt. Die Umberto<sup>®</sup>-Software ist komplex und zurzeit nur in der englischen und deutschen Version verfügbar. Die chinesischen Kollegen benötigen deshalb mehr Zeit um die Umberto<sup>®</sup>-Software zu beherrschen.

Um die Folgearbeiten durchzuführen zu können wird eine Fortgeschrittenschulung für ZhongTai Chemical Company und Xinjiang Akademie für Umweltschutzwissenschaften vorgeschlagen werden, damit die chinesische Kolleginnen und Kollegen mit der Software vertrauter werden. Dann kann die Modellierung gleichzeitig in verschiedenen Werken stattfinden. Weiterhin soll mit neu zu installierenden Messgeräte in den wichtigen Anlagen fehlenden technischen Daten (z.B. zum Energieverbrauch) erhoben werden.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Xinjiang Statistical Yearbook 2009
2. Department of Energy Statistics of State Statistics Bureau and the Department of General Affairs of National Energy Administration China (2008): China Energy Year book 2008
3. Chinese Academy of Sciences (2009): Energy Science& Technology in China: A Roadmap to 2050
4. Referenzdokument über die Besten Verfügbaren Techniken in der Chloralkaliindustrie. Dezember 2001
5. Axel Ostermayer; Jürgen Giegrich ECVI (2006): Eco-profiles of the European Plastics Industry;
6. Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (2009): Cleaner production standard Chlor-alkali industry (Caustic soda) 2009
7. Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China (2009): Cleaner production standard Chlor-alkali industry (Polyvinyl Chloride) 2009
8. Water Affairs Bureau (2007): Water Report 2007. Urumqi City.

## Anhänge

- A Cleaner Production Promotion Law
- B Cleaner Production Standard Chlor-alkali Industry (Caustic soda) 2009
- C Cleaner Production Standard Chlor-alkali Industry (Polyvinyl chloride) 2009
- D Grafische Darstellung des Modells für die 1. Phase



Anhang A Cleaner Production Promotion Law

---

# Cleaner Production Promotion Law

Approved by the Standing Committee of the National People's Congress (NPC) of the People's Republic of China in the 28<sup>th</sup> Session on June 29, 2002

## Table of Contents

- Chapter 1 General Provisions**
- Chapter 2 Realization of Cleaner Production**
- Chapter 3 Implementation of Cleaner Production**
- Chapter 4 Inducement Measures**
- Chapter 5 Legal Liability**
- Chapter 6 Supplementary Articles**

## Chapter 1 General Provisions

**Article 1** This Law is enacted in order to promote cleaner production, increase the efficiency of the utilization rate of resources, reduce and avoid the generation of pollutants, protect and improve environments, ensure the health of human beings and promote the sustainable development of the economy and society.

**Article 2** Cleaner production as used in this Law means the continuous application of measures for design improvement, utilization of clean energy and raw materials, the implementation of advanced processes, technologies and equipment, improvement of management and comprehensive utilization of resources to reduce pollution at source, enhance the rates of resource utilization efficiency, reduce or avoid pollution generation and discharge in the course of production, provision of services and product use, so as to decrease harm to the health of human beings and the environment.

**Article 3** Within the territory of the People's Republic of China, any units or individuals engaged in activities relating to production or provision of services and their corresponding management agencies must organize and implement systems for cleaner production in accordance with the provisions therefor contained in this Law.

**Article 4** The nation is committed to encouraging and promoting cleaner production. The State Council and the local people's governments at or above county level must infuse cleaner production into plans and programs for national economic and social development, as well as environmental protection, resources utilization, industrial development and regional development.

**Article 5** The state departments for economics and trade subject to the authority of the



---

State Council shall bear the responsibility for undertaking the work of organizing and coordinating the promotion of cleaner production throughout the nation.

The relevant administrative departments responsible for environmental protection, planning, science and technology, agriculture, construction, water conservation, and quality and technological supervision under the State Council shall assume the responsibility for promoting cleaner production in accordance with and pursuant to their respective functions and responsibilities.

The local people's governments at or above county level shall be responsible for taking the initiative to promote cleaner production in the areas under their administration. The relevant departments responsible for economics and trade under the local people's governments at or above county level shall bear the responsibility for organizing and coordinating cleaner production in the areas under their administration. The relevant administrative departments responsible for environment protection, planning, science and technology, agriculture, construction, water conservation and quality and technology supervision under the local people's governments at or above county level shall be responsible for promoting cleaner production in accordance with and pursuant to their respective functions and responsibilities.

**Article 6** It is the policy of the nation to encourage scientific research, technical development and international cooperation to develop cleaner production, and to organize the dissemination of information with respect to and to popularize cleaner production and extend the range of cleaner production technologies.

The nation is committed to encouraging social groups and citizens to participate in the dissemination of public awareness with respect to cleaner production through education, popularization, implementation and supervision.

## **Chapter 2 Realization of Cleaner Production**

**Article 7** The State Council shall formulate fiscal and tax policies conducive to the implementation of cleaner production.

The State Council and other relevant administrative departments having corresponding responsibility and the people's governments of provinces, autonomous regions and municipalities directly under the central government shall formulate and implement beneficial industrial development policies and technological development and popularization policies and undertake supervision and management measures conducive to the implementation of cleaner production.

**Article 8** The above departments responsible for economics and trade under the people's governments at or above county level shall formulate plans for the

---

popularization of cleaner production jointly with relevant departments responsible for environmental protection, planning, science and technology, agriculture, construction and water conservation.

**Article 9** The local people's governments at or above county level shall formulate plans rationally for regional economic blueprints and readjust industrial structures to enhance adherence to a recycling economy and promote active enterprise cooperation in the comprehensive utilization of resources and waste products, thus ensuring high-efficiency utilization and recycling of resources.

**Article 10** The relevant administrative departments having responsibility for economics and trade, environmental protection, planning, science and technology and agricultural in the State Council and the people's governments of the provinces, autonomous regions and the municipalities directly under the central government shall exert their organizational efforts and provide support for the establishment of cleaner production information systems and technical consulting and services system to provide the public with information with respect to methodologies and technologies relating to cleaner production, and information and services relating to supply and demand for renewable and recyclable waste products and cleaner production policies.

**Article 11** The relevant departments for economics and trade under the State Council, together with related departments having coordinate responsibility, shall periodically release guidance catalogues on cleaner production technologies, processes, equipment and products.

The relevant administrative departments responsible for economics and trade, environmental protection, planning, science and technology, agriculture and construction in the State Council and the provincial people's governments, autonomous regions and municipalities directly under the central government shall organize the compilation of industry- or region-specific cleaner production guidelines or technical manuals illustrating methods for the implementation of cleaner production.

**Article 12** The nation shall implement a time-limited system for the elimination of obsolete or obsolescent production technologies, processes, equipment and products gravely hazardous to environments and wasteful of resources. The relevant departments for economics and trade under the State Council shall issue a directory of production technologies, processes and equipment and products to be eliminated within the time limit, jointly with other relevant administrative departments in the State Council.

**Article 13** The responsible administrative departments under the State Council may approve the establishment of a product labeling system in accordance with need in the fields of environmental and resource protection such as energy conservation, water conservation, waste reuse and recycling, and devise the relevant standards according to

---

the national requirements.

**Article 14** The relevant administrative departments responsible for science and technology and other relevant administrative departments under the people's governments at or above county level shall guide and support research into and development of cleaner production technologies and products beneficial to protection of the environment and resources, as well as demonstrating and popularizing cleaner production technologies.

**Article 15** The relevant administrative departments responsible for education under the State Council shall integrate relevant courses of study on cleaner production technologies and management into higher education, professional education and technical training programs.

The relevant administrative departments under the people's governments at or above county level having responsibility in this area shall organize to engage in the dissemination of information and training relative to cleaner production, in order to raise the level of awareness regarding cleaner production among government officials, enterprise managers and the public and provide training in cleaner production to management and technical personnel.

News publishers, TV and film broadcasters, and units engaged in the dissemination of cultural content and related social organizations shall avail themselves of their respective advantageous positions to disseminate information regarding cleaner production.

**Article 16** Governments at all levels shall give priority to purchase products conducive to energy and water conservation, waste reuse, environmental protection and resource conservation.

Governments at all levels shall engage in the measures of publicity, education or training to encourage the public to purchase and use products conducive to energy and water conservation, waste reuse, environmental protection and resource conservation.

**Article 17** The relevant departments responsible for environmental protection in the people's governments of the various provinces, autonomous regions and municipalities directly under the central government shall enhance their supervision of the process of implementation of cleaner production. In accordance with their needs of promoting cleaner production, these governments may publish a list of the names of heavily-polluting enterprises in local primary media based on the pollution discharge conditions of such enterprises, where the pollutants discharged exceed the standards or the total volume of pollutants exceeds regulatory limits, in order to provide the public with a basis for policing enterprise implementation of cleaner production.

---

## **Chapter 3 Implementation of Cleaner Production**

**Article 18** New construction, construction renovation and expansion projects shall conduct environmental impact assessments with respect to analysis and assessment of use of raw materials, resource consumption, comprehensive utilization of resources, as well as generation of pollutants and their treatment; shall accord priority to adopting cleaner production technologies, processes and equipment, which maximize the resource utilization rate and generate few pollutants.

**Article 19** Enterprises in the course of technological upgrades shall adopt the following cleaner production measures:

1. Adopting toxin-free, non-hazardous or low-toxin and low-harm raw materials to replace toxic and hazardous raw materials;
2. Adopting processes and equipment with high resource utilization rates and little pollutant-generation to replace processes and equipment with high resource consumption and significant generation of pollutants;
3. Comprehensive use or recycling of materials such as waste products, waste water and heat generated from production procedures.
4. Adopting pollution prevention and control technologies sufficient to permit the enterprises to comply with national or local pollution discharge standards and total volume control quotas for pollutants.

**Article 20** When products and packaging are designed, their influences on mankind and natural environments during their life-cycle must be considered and priority accorded to selecting toxin-free, non-hazardous, easily degraded and easily recycled options.

Enterprises should package the products in a reasonable manner to reduce the overuse of packaging materials and reduce the generation of packaging wastes.

**Article 21** Any enterprise producing large-sized electromechanical equipment, motor-driven transport apparatuses, and other any products designated accordingly by the relevant departments for economics and trade under the State Council shall place the standard label listing material composition on a main structural component of the product in accordance with the technical specifications therefor devised by the relevant administrative department responsible for such standardization under the State Council or its duly authorized organizations.

**Article 22** Agricultural producers shall use chemical fertilizers, pesticides, agricultural films and feed additive compounds in accordance with scientific principles, and improve planting and breeding techniques so as to bring about high-quality, non-hazardous agricultural products, and generate resources from wastes from agricultural production and prevent and control agricultural environmental pollution.

---

The use of toxic or hazardous wastes as fertilizer or as fill to build up fields is prohibited.

**Article 23** Enterprises purveying services, such as restaurants, places of entertainment, hotels, etc., shall adopt measures for energy and water conservation and other environmentally-friendly technologies and equipment and reduce or avoid the use and consumption of goods which waste resources and pollute the environment.

**Article 24** Construction projects shall adopt the design options, construction and decoration materials, construction structures, fixtures and equipment resulting in energy and water conservation and other environmentally-friendly and resource-conserving construction planning options.

Construction or decoration materials must comply with national standards therefor. The production, sale and utilization of any construction or decoration materials containing toxic or hazardous content exceeding national standards therefor is prohibited.

**Article 25** Mining exploration and exploitation activities shall adopt methods and technologies geared towards reasonable utilization of resources, environmental protection and pollution control and prevention, to increase the utilization level of resources.

**Article 26** To the extent economically and technically feasible, enterprises shall recover and utilize their own wastes or wasted heat generated from the processes of production and/or provision of services or transfer these wastes to other enterprises or persons with the ability to do so.

**Article 27** If any product or package is listed in the compulsory recycling directory, enterprises engaged in their production or sale shall recycle the discarded product or used packaging. The relevant department for economics and trade under the State Council will formulate the compulsory recycling directory of products and packages and its detailed methods for recycling.

The state will devise economic measures favorable to recycling and utilization of the products and packages listed in the compulsory recycling directory; the relevant departments for economics and trade under the local people's governments at or above county level shall periodically monitor the implementation conditions of the compulsory recycling products and packages, and make timely reports to the public regarding the results of such monitoring. The relevant departments for economics and trade under the State Council shall formulate concrete methodologies to effectuate these objectives.

**Article 28** Enterprises shall monitor resource consumption and generation of wastes during the course of production and provision of services, and conduct cleaner production audits with respect to production and service procedures according to need.

---

Enterprises that exceed the national or local discharging standards or exceed the total volume control targets for pollutants set by the relevant local people's governments shall conduct cleaner production audits.

Any enterprise using toxic and hazardous materials in production or discharging toxic and hazardous substances shall periodically conduct cleaner production audits, and report the audit results to the relevant administrative departments for environmental protection and the relevant departments for economics and trade under the local people's government at or above county level.

The administrative procedures for conducting cleaner production audits shall be formulated by the relevant departments for economics and trade under the State Council jointly with the relevant administrative department for environmental protection under the State Council.

**Article 29** After an enterprise attains a national or local discharge threshold standard, the enterprise may enter into a voluntary agreement or agreements for further resource conservation and pollution discharge reduction with the relevant local administrative departments responsible for economics and trade, and the relevant administrative department responsible for environmental protection. The relevant local administrative departments for economics and trade, and the relevant administrative departments for environmental protection shall publicize the name of the enterprise and the results of its resource conservation and pollution control and prevention in the primary local media.

**Article 30** Enterprises may voluntarily submit applications for certification to state-authorized certification organizations, in accordance with the regulations promulgated pursuant to the national environmental management certification system, to qualify under the environmental management certification system standards as having improved the cleaner production tableau.

**Article 31** In accordance with the provisions of Article 17 of this Law, enterprises appearing on the list of names of enterprising generating significant pollution, in accordance with regulations promulgated by relevant departments responsible for environmental protection under the State Council, must periodically publicly publish the status of their discharge of their major pollutants, and submit to public supervision.

## **Chapter 4 Inducement Measures**

**Article 32** The Nation establishes a system of commendation and reward for cleaner production. The people's governments shall give commendations and rewards to those units and individuals that have made conspicuous achievements in the work of realizing cleaner production.

---

**Article 33** With respect to conducting cleaner production research, demonstration projects and training, implementing key national cleaner production technological innovation projects and implementing individual technological innovation projects listed in the voluntary pollutant reduction agreements entered into per the provisions of Article 29 of this Law, the above activities and projects shall fall within the scope of the support parameters of the Special Technological Development Funds set aside by the fiscal management departments of the State Council and its coordinate local people's governments at or above county level.

**Article 34** Funding from the Small- and Medium-Sized Enterprise Development Fund established in accordance with national regulations shall be set aside to support cleaner production for small- and medium-sized enterprises in accordance with their needs.

**Article 35** With respect to products produced from wastes and materials reclaimed from wastes, the taxation authorities shall reduce or exempt these from Value-Added Tax in accordance with relevant national regulations.

**Article 36** Expenses incurred for cleaner production auditing and training may be booked as enterprise operating costs.

## **Chapter 5 Legal Liability**

**Article 37** If any enterprise or individual violates the provisions contained in Article 21 of this Law or fails to affix a label stating the material composition, or fails to provide such information truthfully and accurately, the relevant departments responsible for quality and technological supervision under the people's government at or above county level shall order such party to make rectification within a specified time limit and may further impose a fine in an amount not to exceed RMB 50,000 yuan.

**Article 38** If any enterprise or individual violates the provisions contained in the second paragraph of Article 24 of this Law by producing or selling toxic or hazardous construction and decoration materials whose toxicity or degree of hazard exceeds the national standards therefor, such enterprise or individual shall be prosecuted in accordance with the corresponding respective administrative law, civil law or criminal law.

**Article 39** If any enterprise or individual violates the provisions contained in the first paragraph of Article 27 of this Law, and fails to discharge the product or package recycling obligations corresponding thereto, the relevant departments responsible for economics and trade under the people's government at or above county level shall order such party to make rectification within a specified time limit, and may further impose a fine in an amount not to exceed RMB 100,000 yuan if the party fails to make

---

rectification.

**Article 40** If any enterprise or individual violates the provisions of the third paragraph contained in Article 28 of this Law, fails to implement cleaner production auditing, or has conducted cleaner production auditing but fails to accurately report the results thereof, the relevant departments responsible for environmental protection under the people's government at or above county level shall order such party to make rectification within a specified time limit, and may further impose a fine in an amount not to exceed RMB 100,000 yuan if the party fails to make rectification.

**Article 41** If any enterprise or individual violates the provisions contained in Article 31 of this Law, or fails to publicly publish, or fails to publicly publish in accordance with the requirements therein its pollutant discharge information, the relevant departments responsible for environmental protection under the people's government at or above county level shall publish the subject information relative to the circumstances of such party's pollutant discharge, and may further impose a fine in an amount not to exceed RMB 100,000 yuan.

## **Chapter 6    Supplementary Articles**

**Article 42** This law shall come into effect as of January 1, 2003.



## Anhang B Cleaner Productionn Standard Chlor-alkali Industry (Caustic soda) 2009

# HJ

## 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 475—2009

---

### 清洁生产标准 氯碱工业（烧碱）

Cleaner production standard Chlor-alkali industry (Caustic soda)

（发布稿）

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2009—08—10 发布

2009—10—01 实施

---

环 境 保 护 部 发 布

## 目 次

前 言.....	i
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 规范性技术要求.....	1
5 数据采集和计算方法.....	5
6 标准的实施.....	6

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》，保护环境，为烧碱生产企业开展清洁生产提供技术支持和导向，制定本标准。

本标准规定了在达到国家和地方污染排放标准的基础上，根据当前的行业技术水平、装备水平和管理水平，提出了烧碱生产企业清洁生产的一般要求。本标准分为三级，隔膜法烧碱一级代表国内清洁生产领先水平，二级代表国内清洁生产先进水平，三级代表国内清洁生产基本水平；离子膜法烧碱一级代表国际清洁生产先进水平，二级代表国内清洁生产先进水平，三级代表国内清洁生产基本水平。随着技术的不断进步和发展，本标准将适时修订。

本标准首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准起草单位：中国石油和化学工业协会、中国环境科学研究院、中国氯碱工业协会。

本标准环境保护部 2009 年 8 月 10 日批准。

本标准自 2009 年 10 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 清洁生产标准 氯碱工业（烧碱）

## 1 适用范围

本标准规定了氯碱工业（烧碱）企业清洁生产的一般要求。本标准将氯碱工业（烧碱）清洁生产指标分成六类，即生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标（末端处理前）、废物回收利用指标和环境管理要求。

本标准适用于烧碱生产企业（离子膜法烧碱和隔膜法烧碱）清洁生产审核和清洁生产潜力与机会的判断、清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价和排污许可证等环境管理制度。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

《清洁生产审核暂行办法》（国家发展和改革委员会、国家环境保护总局令 第16号）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 隔膜法烧碱

以石棉隔膜电解槽工艺生产烧碱的方法。

### 3.2 离子膜法烧碱

以离子膜电解槽工艺生产烧碱的方法。

### 3.3 污染物产生指标（末端处理前）

即产污系数，指单位产品生产（或加工）过程中，产生污染物的量（末端处理前）。本标准水污染物产生指标指污水处理装置入口的污水量和污染物种类、单排量或浓度。固体废物产生指标指化盐及盐水精制过程中产生的盐泥和隔膜法烧碱生产过程中产生的废石棉绒。

## 4 规范性技术要求

### 4.1 指标分级

本标准给出了氯碱工业（隔膜法烧碱）企业生产过程清洁生产水平的三级技术指标：

一级：国内清洁生产领先水平；

二级：国内清洁生产先进水平；

三级：国内清洁生产基本水平。

同时，给出了氯碱工业（离子膜法烧碱）企业生产过程清洁生产水平的三级技术指标：

一级：国际清洁生产先进水平；

二级：国内清洁生产先进水平；

三级：国内清洁生产基本水平。

#### 4.2 指标要求

氯碱工业（隔膜法烧碱）企业清洁生产技术指标要求，见表 1。

氯碱工业（离子膜法烧碱）企业清洁生产技术指标要求，见表 2。

表 1 氯碱工业（隔膜法烧碱）清洁生产技术指标要求

清洁生产指标等级		一级	二级	三级
<b>一、生产工艺与装备要求</b>				
1. 电解槽		采用金属扩张阳极—改性隔膜电解槽		采用金属扩张阳极电 解槽
		蒸发工序采用三效顺流部分强制循环或三效逆流强制循环		
2. 盐回收		回收全部蒸发析出盐		
<b>二、资源能源利用指标</b>				
1. 单位产品综合能 耗（折标煤）/（kg/t）	质量分数/% $\geq 30.0$	$\leq 800$	$\leq 900$	$\leq 980$
	质量分数/% $\geq 42.0$	$\leq 950$	$\leq 1050$	$\leq 1200$
	质量分数/% $\geq 95.0$	$\leq 1100$	$\leq 1200$	$\leq 1350$
2. 单位产品原盐消耗量（折百）/（kg/t）		$\leq 1535$	$\leq 1555$	$\leq 1570$
3. 单位产品新鲜水耗/（t/t）		$\leq 8.0$	$\leq 8.5$	$\leq 9.0$
<b>三、产品指标</b>				
碱损失率/%	质量分数/% $\geq 30.0$	$\leq 1.5$	$\leq 2.5$	$\leq 3.0$
	质量分数/% $\geq 42.0$	$\leq 2.0$	$\leq 3.0$	$\leq 3.5$
	质量分数/% $\geq 95.0$	$\leq 3.0$	$\leq 3.5$	$\leq 4.5$
<b>四、污染物产生指标（末端处理前）</b>				
1. 单位产品废水产生量/（m <sup>3</sup> /t）		$\leq 10$	$\leq 12$	$\leq 14$
2. 单位产品盐泥产生量（干基）/（kg/t）		$\leq 40.0$	$\leq 45.0$	$\leq 50.0$
3. 单位产品废石棉绒产生量/（kg/t）		$\leq 0.10$	$\leq 0.12$	$\leq 0.14$
<b>五、废物回收利用指标</b>				
氯水回收利用率/%		100		
<b>六、环境管理要求</b>				
1. 环境法律法规		符合国家和地方有关法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制要求，排污许可证符合管理要求。		
2. 生产过程环境管理		具有节能、降耗、减污的各项具体措施，生产过程有完善的管理制度。		
3. 相关方环境管理		对原材料供应方、生产协作方、相关服务方等提出环境管理要求。		
4. 环境审核		按照《清洁生产审核暂行办法》要求进行了清洁生产审核，并全部实施了无、低费方案。		
5. 环境管理制度		按照 GB/T 24001 建立并运行 环境管理体系、管理手册、 程序文件及作业文件齐备。	环境管理制度健 全、原始记录及统 计数据齐全有效。	环境管理制度健全、原 始记录及统计数据基 本齐全。
6. 固体废物管理要求		对一般工业废物进行妥善处理，对废石棉绒等危险废物按照有关要求 进行无害化处置。应制定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政 主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的 措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人 民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、 贮存、处置等有关资料。应针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、 利用、处置，制定意外事故防范措施和应急预案，并向所在地县以上 地方人民政府环境保护行政主管部门备案。		

表 2 氯碱工业（离子膜法烧碱）清洁生产技术指标要求

清洁生产指标等级		一级	二级	三级
<b>一、生产工艺与装备</b>				
1. 电解槽		采用复极式自然循环小极距 离子膜电解槽	采用离子膜电解槽	
2. 蒸发		蒸发工序采用双效逆流蒸发工艺		
<b>二、资源能源利用指标</b>				
1. 单位产品综合能耗（折标煤）/（kg/t）	质量分数/% ≥30.0	≤ 370	≤ 450	≤ 500
	质量分数/% ≥45.0	≤ 530	≤ 570	≤ 600
	质量分数/% ≥98.0	≤ 810	≤ 860	≤ 900
2. 单位产品原盐消耗量（折百）/（kg/t）		≤1500	≤1525	≤1540
3. 单位产品新鲜水耗（不含纯水）/（t/t）		≤6.0	≤6.5	≤7.5
<b>三、产品指标</b>				
碱损失率/%	质量分数 ≥45.0%	≤1.5	≤1.8	≤2.0
	质量分数 ≥98.0%	≤2.5	≤3.0	≤3.2
<b>四、污染物产生指标（末端处理前）</b>				
1. 单位产品废水产生量/（m <sup>3</sup> /t）		≤6.0	≤6.4	
2. 单位产品盐泥产生量（干基）/（kg/t）		≤40.0	≤45.0	≤50.0
<b>五、废物回收利用指标</b>				
氯水回收利用率/%		100		
<b>六、环境管理要求</b>				
1. 环境法律法规	符合国家和地方有关法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制要求，排污许可证符合管理要求。			
2. 生产过程环境管理	具有节能、降耗、减污的各项具体措施，生产过程有完善的管理制度。			
3. 相关方环境管理	对原材料供应方、生产协作方、相关服务方等提出环境管理要求。			
4. 环境审核	按照《清洁生产审核暂行办法》要求进行了清洁生产审核，并全部实施了无、低费方案。			
5. 环境管理制度	按照 GB/T 24001 建立并运行环境管理体系、管理手册、程序文件及作业文件齐备。	环境管理制度健全、原始记录及统计数据齐全有效。	环境管理制度健全、原始记录及统计数据基本齐全。	
6. 固体废物管理要求	对一般废物进行妥善处理，对危险废物按照有关要求进行了无害化处置。应制定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。应针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，制定意外事故防范措施和应急预案，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案。			



## 5 数据采集和计算方法

### 5.1 监测方法

本标准的各项指标的采样和监测按照国家标准监测方法执行。

### 5.2 统计核算

污染物产生指标系末端处理之前的指标，应分别在监测各个车间或装置的排水后进行累计，并和总集水口的数据进行对比，两者相差不能超过 10%。生产中，每个采样点应至少选取三组以上样品进行数据分析。

### 5.3 计算方法

#### 5.3.1 单位产品综合能耗

在一定的计量时间内，生产单位重量烧碱（折 100%烧碱（NaOH））所消耗的综合能源量，包括直接消耗的能源量，以及分摊到该产品的辅助生产系统、附属生产系统的能源消耗量和体系内的能源损失量。亦即生产工艺消耗的各种能源转换为标准煤之和与考核年度的产品产量之比。某种规格烧碱单位产品综合能耗按公式（1）计算：

$$E_{ZH} = E_{DJ} \times (1 + X) \times (1 + Y) + E_{JG} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $E_{ZH}$ ——一定的计量时间内，某种规格烧碱单位产品综合能耗（按折标煤计算），kg/t；

$E_{DJ}$ ——一定的计量时间内，烧碱电解单元（包括氯、氢处理过程）单位产品综合能耗（按折标煤算），kg/t；

$E_{JG}$ ——一定时间内某种规格烧碱加工过程的单位产品综合能耗（按折标准煤计算），kg/t；

$X$ ——实际发生的自用碱率，%；

$Y$ ——实际发生的碱损失率，%。

#### 5.3.2 单位产品原盐消耗量

在一定的计量时间内，生产每吨烧碱产品所消耗的原盐量（折百），按公式（2）计算：

$$W_X = \frac{W_Y}{M_S} \dots\dots\dots (2)$$

式中： $W_X$ ——单位产品原盐消耗量，kg/t；

$W_Y$ ——企业烧碱产品原盐用量，kg；

$M_S$ ——烧碱产品产量，t。

#### 5.3.3 单位产品新鲜水耗

在一定的计量时间内，生产每吨烧碱产品所消耗的生产用新鲜水量（不含纯水），按公式（3）计算：

$$W_D = \frac{W_S}{M_S} \dots\dots\dots (3)$$

式中： $W_D$ ——单位产品新鲜水消耗量，t/t；  
 $W_S$ ——企业烧碱产品新鲜水总用量，t；  
 $M_S$ ——烧碱产品产量，t。

#### 5.3.4 碱损失率

在一定的计量时间内，烧碱生产过程中损失的烧碱量占烧碱耗用的电解碱液量的百分比，按公式（4）计算：

$$J_S = \frac{J_Y - M_S}{J_Y} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中： $J_S$ ——碱损失率，%；  
 $J_Y$ ——成品烧碱耗用的电解碱液量，t；  
 $M_S$ ——烧碱产品产量，t。

#### 5.3.5 氯水回收利用率

指电解产生的湿氯气在输送和冷却处理过程中产生的含氯废水回收利用的比例，按公式（5）计算：

$$L_{HS} = \frac{L_S}{L_C} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中： $L_{HS}$ ——氯水回收利用率，%；  
 $L_S$ ——氯水回用利用量，t；  
 $L_C$ ——氯水产生量，t。

## 6 标准的实施

本标准由各级人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

Anhang C Cleaner Productionn Standard Chlor-alkali Industry (Polyvinyl chloride) 2009

# HJ

## 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 476-2009

---

### 清洁生产标准 氯碱工业（聚氯乙烯）

Cleaner production standard Chlor-alkali industry

(Polyvinyl Chloride)

（发布稿）

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2009—08—10 发布

2009—10—01 实施

---

环 境 保 护 部 发 布



# 目 次

前 言 .....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 规范性技术要求.....	2
5 数据采集和计算方法.....	5
6 标准的实施.....	8

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国清洁生产促进法》，保护环境，为聚氯乙烯生产企业开展清洁生产提供技术支持和导向，制定本标准。

本标准规定了在达到国家和地方污染物排放标准的基础上，根据当前的行业技术、装备水平和管理水平，提出了聚氯乙烯生产企业清洁生产的一般要求。本标准分为三级，电石法聚氯乙烯一级代表国内清洁生产领先水平，二级代表国内清洁生产先进水平，三级代表国内清洁生产基本水平；乙烯法聚氯乙烯一级代表国际清洁生产先进水平，二级代表国内清洁生产先进水平，三级代表国内清洁生产基本水平。随着技术的不断进步和发展，本标准将适时修订。

本标准为首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准起草单位：中国石油和化学工业协会、中国环境科学研究院、中国氯碱工业协会。

本标准环境保护部 2009 年 8 月 10 日批准。

本标准自 2009 年 10 月 01 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 清洁生产标准 氯碱工业（聚氯乙烯）

## 1 适用范围

本标准规定了氯碱工业（聚氯乙烯）企业清洁生产的一般要求。本标准将清洁生产指标分成六类，即生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标（末端处理前）、废物回收利用指标和环境管理要求。

本标准适用于悬浮法（电石法和乙烯法）生产通用型聚氯乙烯树脂的生产企业清洁生产审核和清洁生产潜力与机会的判断、清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价和排污许可证等环境管理制度。

采用二氯乙烷裂解或外购氯乙烯单体生产聚氯乙烯的企业可参照乙烯法。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 7468—87 水质 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

GB 11914—89 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

《清洁生产审核暂行办法》（国家发展和改革委员会、国家环境保护总局令 第16号）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 电石法

以电石为原料与水反应生成乙炔，乙炔与氯化氢在汞触媒作用下生成氯乙烯单体，再通过聚合反应生成聚氯乙烯的生产方法。

### 3.2 乙烯法

以乙烯为原料制取氯乙烯单体，再经聚合反应生成聚氯乙烯的生产方法，同时也包括二氯乙烷裂解法和氯乙烯单体法。

### 3.3 污染物产生指标（末端处理前）

即产污系数，指单位产品生产（或加工）过程中，产生污染物的量（末端处理前）。本标准水污染物产生指标指废水处理装置入口的废水量和污染物种类、单排量或浓度；废气污染物产生指标包括精馏和干燥过程中产生的废气量和污染物种类、单排量或浓度；固体废物产生指标主要指电石法聚氯乙烯生产过程中产生的电石渣量。



## 4 规范性技术要求

### 4.1 指标分级

本标准给出了氯碱工业（电石法聚氯乙烯）企业生产过程清洁生产水平的三级技术指标：

一级：国内清洁生产领先水平；

二级：国内清洁生产先进水平；

三级：国内清洁生产基本水平。

同时，给出了氯碱工业（乙烯法聚氯乙烯）企业生产过程清洁生产水平的三级技术指标：

一级：国际清洁生产先进水平；

二级：国内清洁生产先进水平；

三级：国内清洁生产基本水平。

### 4.2 指标要求

氯碱工业（电石法聚氯乙烯）企业清洁生产技术指标要求，见表 1。

氯碱工业（乙烯法聚氯乙烯）企业清洁生产技术指标要求，见表 2。

表 1 氯碱工业（电石法聚氯乙烯）清洁生产技术指标要求

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
<b>一、生产工艺与装备要求</b>			
1. 乙炔发生装置要求	采用干法乙炔工艺	—	
2. 盐酸脱析装置要求	采用盐酸深度脱吸技术	采用盐酸常规脱吸技术	—
3. 汞触媒要求	采用低汞触媒和含汞酸性废水处理技术	采用低汞触媒技术	—
4. 聚合母液回收利用要求	聚合母液回收利用		
5. 氯乙烯汞回收处理要求	氯乙烯汞回收处理		
6. 精馏尾气处理要求	精馏尾气中氯乙烯（VCM）回收利用，尾气达标排放		
7. 电石破碎除尘系统要求	电石破碎除尘系统完好，粉尘达标排放		
<b>二、资源能源利用指标</b>			
1. 单位产品电石（折标 <sup>a</sup> ）消耗量/（kg/t）	≤1400	≤1420	≤1450
2. 单位产品综合能耗（折标煤）（不包括水消耗）/（t/t）	≤0.24	≤0.26	≤0.32
3. 单位产品新鲜水耗（不含去离子水）/（t/t）	≤9.0	≤10.5	≤12.0
4. 单位产品汞触媒消耗量/（kg/t）	≤1.20	≤1.30	≤1.40
<b>三、产品指标</b>			
聚氯乙烯的一等品率/%	≥98.0	≥95.0	≥92.0
<b>四、污染物产生指标（末端处理前）</b>			
1. 单位产品废水产生量/（m <sup>3</sup> /t）	≤12	≤35	≤40
2. 单位产品化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）产生量/（kg/t）	≤20	≤22	≤24
3. 单位产品废水中总汞产生量/（g/t）	≤1.5	≤1.8	≤2.0
4. 单位产品精馏、干燥尾气废气产生量/（m <sup>3</sup> /t）	≤12000	≤12500	≤13000
5. 单位产品电石渣产生量（干基）/（t/t）	≤1.60	≤1.65	≤1.70
<b>五、废物回收利用指标</b>			
1. 电石渣浆上清液回用率/%	100		
2. 电石渣综合利用率/%	100		
3. 废水回用率/%	≥90	≥80	≥75
4. 精馏尾气中氯乙烯（VCM）回收率/%	≥99.5	≥97.0	≥95.0
<b>六、环境管理要求</b>			
1. 环境法律法规	符合国家和地方有关法律、法规，污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制要求，排污许可证符合管理要求。		
2. 生产过程环境管理	具有节能、降耗、减污的各项具体措施，生产过程有完善的管理制度。		
3. 相关方环境管理	对原材料供应方、生产协作方、相关服务方等提出环境管理要求。		
4. 环境审核	按照《清洁生产审核暂行办法》要求进行了清洁生产审核，并全部实施了无、低费方案。		
5. 环境管理制度	按照 GB/T24001 要求建立并运行环境管理体系、管理手册、程序文件及作业。文	环境管理制度健全、原始记录及统计数据齐全有效。	

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
	件齐备		
6. 废物管理要求	对一般废物进行妥善处理，对危险废物（废汞触媒、精馏残液等）按照有关要求进行无害化处置。应制定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政主管部门备案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。应针对危险废物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，制定意外事故防范措施和应急预案，并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案。		
注：a 折标电石消耗量以发气量 300L/kg 电石计算。			

表 2 氯碱工业（乙烯法聚氯乙烯）清洁生产技术指标要求

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
<b>一、生产工艺与装备要求</b>			
聚合、汽提尾气回收处理要求	聚合、汽提尾气中氯乙烯（VCM）采用膜回收装置进行回收。	聚合、汽提尾气中氯乙烯（VCM）制成氯乙烯（VCM）单体回聚合系统，不凝性气体送焚烧处理，氯乙烯（VCM）零排放。	聚合、汽提尾气中氯乙烯（VCM）制成氯乙烯（VCM）单体回聚合系统，不凝性气体进行处理后，氯乙烯（VCM）达标排放。
<b>二、资源能源利用指标</b>			
1. 单位产品乙烯消耗量/（kg/t）	≤477	≤490	≤500
2. 单位产品氯气消耗量/（kg/t）	≤600	≤610	≤620
3. 单位产品综合能耗（折标煤）（不包括水消耗）/（t/t）	≤0.26	≤0.28	≤0.34
4. 单位产品新鲜水耗（不含去离子水）/（t/t）	≤7.5	≤8.5	≤10.0
5. 单位产品二氯乙烷（EDC）消耗量 <sup>a</sup> /（t/t-VCM）	≤1.62		
6. 单位产品氯乙烯（VCM）消耗量 <sup>b</sup> /（t/t）	≤1.003		
<b>三、产品指标</b>			
聚氯乙烯的一等品率/%	≥98.0	≥95.0	≥92.0
<b>四、污染物产生指标（末端处理前）</b>			
1. 单位产品废水产生量/（m <sup>3</sup> /t）	≤5.6	≤5.8	≤6.0
2. 单位产品化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）产生量/（kg/t）	≤0.72	≤1.0	≤1.5
<b>五、废物回收利用指标</b>			
废水回用率/%	≥90	≥80	≥75
<b>六、环境管理要求</b>			
1、环境法律法规	符合国家和地方有关法律、法规、污染物排放达到国家和地方排放标准、总量控制和排污许可证管理要求。		
2、生产过程环境管理	具有节能、降耗、减污的各项具体措施，生产过程有完善的管理制度。		
3、相关方环境管理	对原材料供应方、生产协作方、相关服务方等提出环境管理要求。		

清洁生产指标等级	一级	二级	三级
4、环境审核	按照《清洁生产审核暂行办法》要求进行了清洁生产审核，并全部实施了无、低费方案。		
5、环境管理制度	按照 GB/T24001 要求建立并运行环境管理体系、管理手册、程序文件及作业文件齐备。	环境管理制度健全、原始记录及统计数据齐全有效。	
6. 废物管理要求	对一般废物进行妥善处理，对危险废物（废铜触媒、精馏残液等）按照有关要求 进行无害化处置。应制定并向所在地县级以上地方人民政府环境行政主管部门备 案危险废物管理计划（包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮 存、利用、处置措施），向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门 申报危险废物产生种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。应针对危险废 物的产生、收集、贮存、运输、利用、处置，制定意外事故防范措施和应急预案， 并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门备案。		
注：a 二氯乙烷（EDC）消耗：适用于采用二氯乙烷（EDC）裂解法生产聚氯乙烯的企业，其他考核指标参照乙烯法。 b 氯乙烯（VCM）消耗：适用于外购氯乙烯（VCM）单体生产聚氯乙烯的企业，其他考核指标参照乙烯法。			

## 5 数据采集和计算方法

### 5.1 监测方法

本标准的各项指标的采样和监测按照国家标准监测方法执行，见表 3。

表 3 废水污染物各项指标监测采样及分析方法

污染源类型	监测项目	测点位置	监测采样及分析方法	监测及采样频次
水污染源	化学需氧量 (COD <sub>Cr</sub> )	废水处理站入口	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 (GB 11914—89)	每半月监测一次，每次监测 采样按照《地表水和污水监 测技术规范》(HJ/T 91) 执行
	总汞	车间排放口	水质 总汞的测定 冷原子吸收分光 光度法 (GB 7468—87)	

注：采用计算的污染物平均浓度应为每次实测浓度的废水流量的加权平均值。

### 5.2 统计核算

污染物产生指标系末端处理之前的指标，应分别在监测各个车间或装置的排水后进行累计，并和总集水口的数据进行对比，两者相差不能超过 10%。

生产中，每个采样点应至少选取三组以上样品进行数据分析。

### 5.3 计算方法

#### 5.3.1 单位产品电石（折标）消耗量

指在报告期内，生产每吨聚氯乙烯产品所消耗的电石（折标）量，按公式（1）计算：

$$Z_D = \frac{S_D \times (1 - X_S - H_S) \times B_D}{300} \dots\dots\dots (1)$$

矽铁损失率计算公式：

$$X_S = \frac{X_C}{X_Z} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

灰份损失率计算公式：

$$H_S = \frac{H_C \times (1 - H_F \div 300)}{H_Z} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：Z<sub>D</sub>——折标电石消耗量，kg/t；

S<sub>D</sub>——实物电石投入量，kg/t-聚氯乙烯；

X<sub>S</sub>——矽铁损失率，%；

X<sub>C</sub>——实测矽铁重量，kg；

X<sub>Z</sub>——矽铁测量期电石总重量，kg；

H<sub>S</sub>——灰份损失率，%；

H<sub>C</sub>——实测灰份重量，kg；

H<sub>Z</sub>——灰份测量期（电石+灰份）总重量，kg；

H<sub>F</sub>——灰份发气量，L；

B<sub>D</sub>——本期电石平均发气量，L。

注：折标电石按发气量 300L/kg 电石计算。

### 5.3.2 单位产品综合能耗

用聚氯乙烯（PVC）单位产量表示的综合能耗，包括直接消耗的能量量，以及分摊到该产品的辅助生产系统、附属生产系统的能耗量和体系内的能耗损失量。是在报告期内，生产全过程（包括生产系统、辅助生产系统、附属生产系统和冷量用能）中消耗的各种能源转换为标准煤之和与报告期内的产品产量之比，按公式（4）计算：

$$E_D = \frac{E_S}{W_S} \dots\dots\dots (4)$$

式中：E<sub>D</sub>——单位产品综合能耗（按折标准煤计算），t/t；

E<sub>S</sub>——聚氯乙烯产品耗能总和（按折标准煤计算），t；

W<sub>S</sub>——聚氯乙烯产量，t。

### 5.3.3 单位产品新鲜水耗

指在报告期内，生产每吨聚氯乙烯产品所消耗的生产用新鲜水量，按公式（5）计算：

$$M_D = \frac{M_S}{W_S} \dots\dots\dots (5)$$

式中：M<sub>D</sub>——单位产品新鲜水消耗量，t/t；

M<sub>S</sub>——聚氯乙烯产品新鲜水用量，t；

W<sub>S</sub>——聚氯乙烯产量，t。

### 5.3.4 单位产品二氯乙烷（EDC）消耗量

指在报告期内，在二氯乙烷裂解、裂解气分离、氯乙烯单体进入储槽的工艺过程中，生产每吨氯乙烯单体所消耗的二氯乙烷的量，按公式（6）计算：

$$N_D = \frac{N_S}{W_V} \dots\dots\dots (6)$$

式中： $N_D$ ——生产每吨氯乙烯产品二氯乙烷的消耗量，t/t；

$N_S$ ——二氯乙烷消耗量，t；

$W_V$ ——氯乙烯单体产量，t。

### 5.3.5 单位产品氯乙烯（VCM）消耗量

指在报告期内，单体法聚氯乙烯生产企业，生产每吨聚氯乙烯产品所消耗的氯乙烯单体的量，按公式（7）计算：

$$V_D = \frac{V_S}{W_P} \dots\dots\dots (7)$$

式中： $V_D$ ——生产每吨聚氯乙烯产品的氯乙烯消耗量，t/t；

$V_S$ ——氯乙烯单体消耗量，t；

$W_P$ ——聚氯乙烯产量，t。

### 5.3.6 单位电石渣浆上清液回用率

指电石渣浆经压滤脱水后，滤液（通称电石渣上清液）的回用率，按公式（8）计算：

$$Q_{HY} = \frac{Q_S}{Q_C} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中： $Q_{HY}$ ——电石渣上清液回用率，%；

$Q_S$ ——电石渣上清液回用量，t；

$Q_C$ ——电石渣上清液产生量，t。

### 5.3.7 精馏尾气中氯乙烯（VCM）回收率精馏尾气中氯乙烯（VCM）回收率/%

指在氯乙烯（VCM）精制及回收过程中产生的精馏尾气经采用变温变压吸附等方法处理后氯乙烯（VCM）的回收率，按公式（9）计算：

$$V_{HS} = \frac{V_S}{V_C} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中： $V_{HS}$ ——氯乙烯精馏尾气 VCM 回收率，%；

$V_S$ ——氯乙烯精馏尾气中 VCM 回收量，t；

$V_C$ ——氯乙烯精馏尾气中 VCM 产生量，t。

### 5.3.8 电石渣浆综合利用率

指企业将电石渣用于生产水泥、砖或将其用于锅炉烟气脱硫、酸性水综合处理等方面综合利用总量与电石渣产生总量的百分比，按公式（10）计算：

$$D_{ZH} = \frac{D_S}{D_C} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中： $D_{ZH}$ ——电石渣综合利用率，%；

$D_S$ ——电石渣综合利用总量，t；

$D_C$ ——电石渣产生总量，t。

## 6 标准的实施

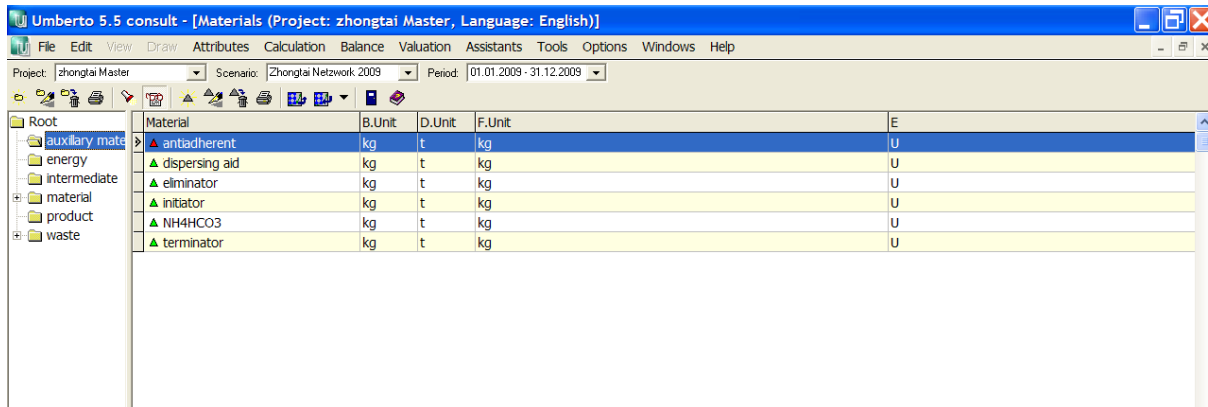
本标准由各级人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

## Anhang D Grafische Darstellung des Modells für die 1. Phase



# Grafische Darstellung der Umberto-Modellierung

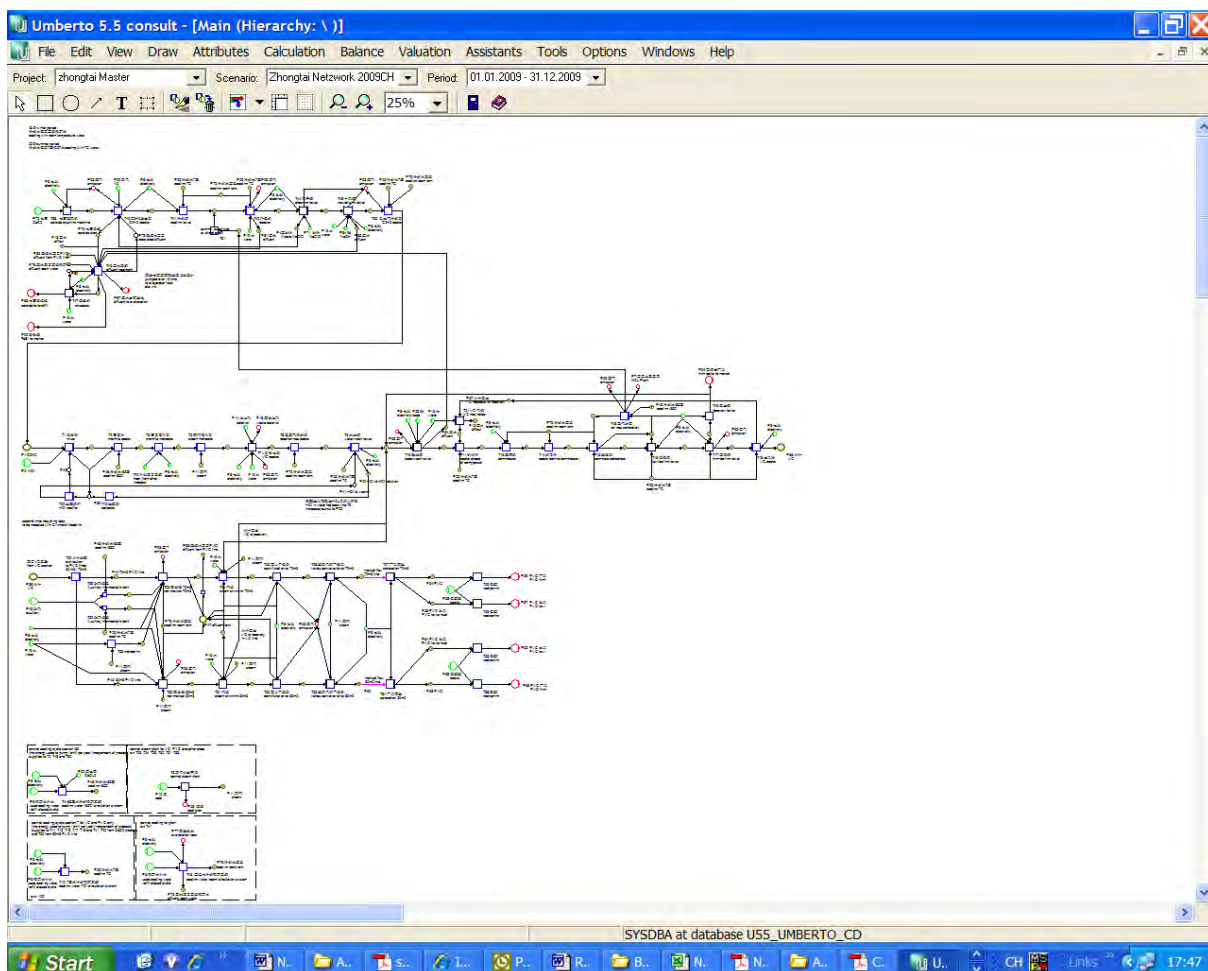
## 1. Materialliste



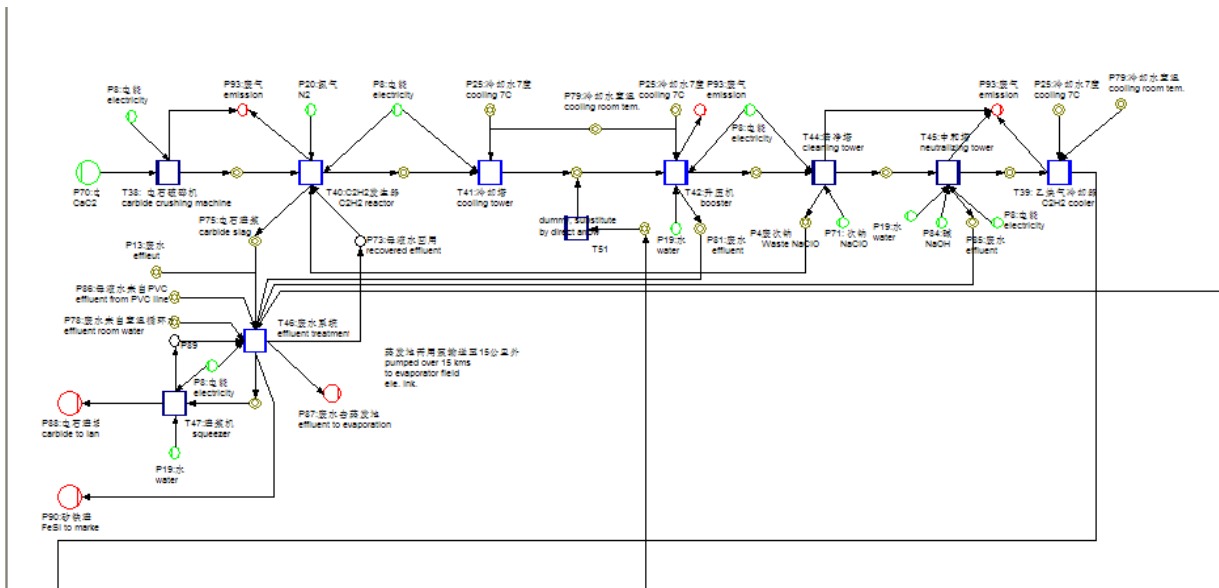
The screenshot shows the Umberto 5.5 software interface for material management. The main window displays a table of materials with columns for Material, B.Unit, D.Unit, F.Unit, and E. The material list includes:

Material	B.Unit	D.Unit	F.Unit	E
antadherent	kg	t	kg	U
dispersing aid	kg	t	kg	U
eliminator	kg	t	kg	U
initiator	kg	t	kg	U
NH4HCO3	kg	t	kg	U
terminator	kg	t	kg	U

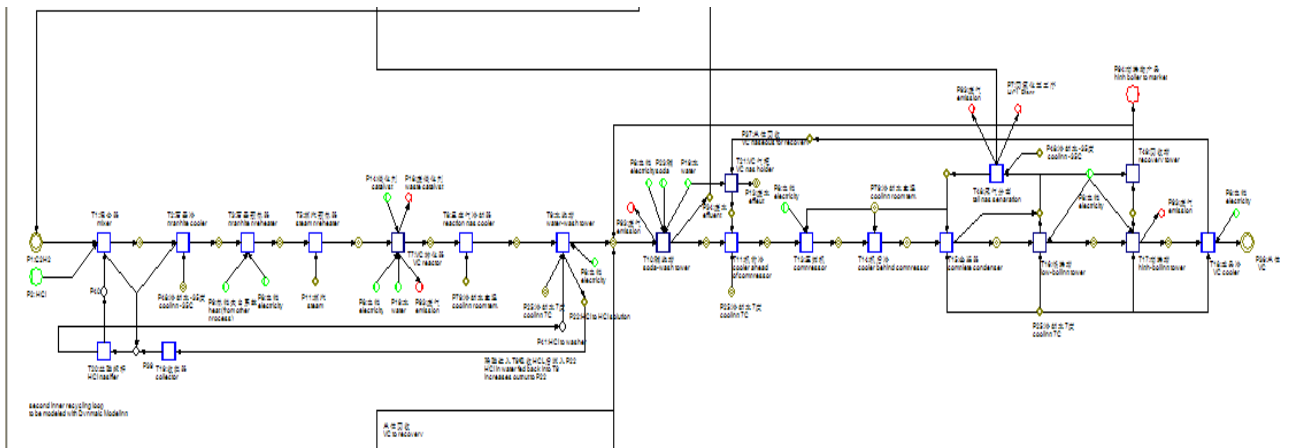
## 2. Gesamtwerknetz



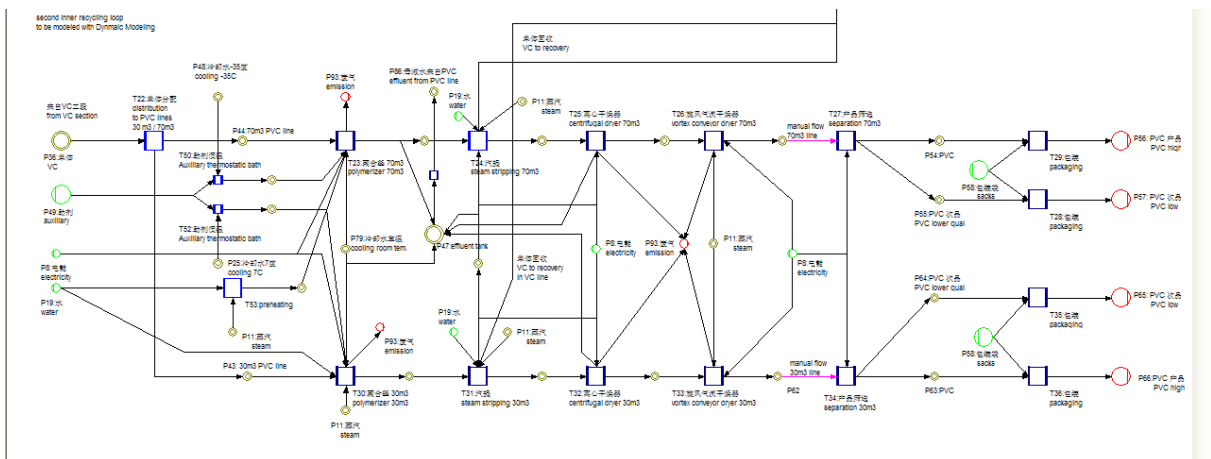
## 2.1 Prozessnetz für die Herstellung der Monomer-Vorprodukte (C2H2)



## 2.2 Prozessnetz der Herstellung für Monomerprodukte (VCM)



## 2.3 Prozessnetz für die Herstellung von PVC



### 3. Bilanztabellen

#### Material-Tabelle

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
auxiliary materials			material		
▲ antadherent	71.49006	t	▲ H2	258.90075	t
▲ dispersing aid	170.59007	t	▲ product		
▲ eliminator	44.09802	t	▲ FeSi	3,516.20741	t
▲ initiator	136.13009	t	▲ high boiler	358.48424	t
▲ NH4HCO3	71.49006	t	▲ PVC high quality, packaged	172,435.00000	t
▲ terminator	229.18012	t	▲ PVC low quality, packaged	500.00003	t
energy			waste		
▲ electricity	210,772.29000	SCE (KG)	▲ effluent	133,858.60740	t
▲ warm water energy from process	709,257.00000	kJ	gaseous emission		
material			▲ C2H2 emission	7,602.40830	t
▲ CaCl2	251,624.96640	t	▲ H2 emission	9.16110	t
▲ CaCl2	87.53479	t	▲ N2 emission	47,697.34322	t
▲ Coal	30,426.53525	t	▲ steam emission	443,874.21530	t
▲ HCl	106,854.66780	t	▲ VC emission	4,471.86866	t
▲ HgCl2	360.36447	t	solid waste		
▲ N2	47,697.34322	t	▲ carbide slag	485,647.11510	t
▲ NaClO (0.1%)	3,693.17193	t	▲ coal slag	5,318.53167	t
▲ NaOH (30%)	955.21535	t	▲ waste catalyst	360.36447	t
▲ sack	917,400.00000	piece			
water					
▲ H2O	310,598.41560	m3			
▲ H2O (no ion)	668,793.82490	m3			
Sum			Sum		
kJ	960254356E11	kJ	kg	305,908.20800	t
kg	852,628.00000	kg			

#### Material-Transitionen

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
auxiliary materials			material		
▲ antadherent			▲ H2	258.90075	t
□ T50 cooling	21.50001	t	▲ product		
□ T52 cooling(H2O 7	49.99005	t	▲ FeSi	3,516.20741	t
▲ dispersing aid			▲ high boiler	358.48424	t
□ T50 cooling	120.60002	t	□ T49 recovery tower		
□ T52 cooling(H2O 7	49.99005	t	▲ PVC high quality, packaged		
▲ eliminator			□ T29 packaging	90,664.99998	t
□ T50 cooling	4.31000	t	□ T36 packaging	81,769.99999	t
□ T52 cooling(H2O 7	39.78802	t	▲ PVC low quality, packaged		
▲ initiator			□ T28 packaging	50.00002	t
□ T50 cooling	86.14004	t	□ T35 packaging	450.00001	t
□ T52 cooling(H2O 7	49.99005	t	waste		
▲ NH4HCO3			▲ effluent		
□ T50 cooling	21.50001	t	□ T46 effluent treatm	133,858.60740	t
□ T52 cooling(H2O 7	49.99005	t	gaseous emission		
▲ terminator			▲ C2H2 emission		
□ T50 cooling	129.20002	t	□ T38 crushing	1,675.81448	t
□ T52 cooling(H2O 7	99.98010	t	□ T39 cooling	832.13565	t
energy			□ T40 C2H2 reactor	3,167.27480	t
▲ electricity			□ T42 booster	495.55483	t
□ T3 pre-heating	13,868.14644	SCE (KG)	□ T44 cleaning tower	495.55481	t
□ T4 central cooling	712,644.82450	SCE (KG)	□ T45 2nd cleaning	836.49652	t
□ T7 VC reactor	315,500.28590	SCE (KG)	□ T48 cooling	99.57721	t
□ T9 cleaning	47,498.39394	SCE (KG)	▲ H2 emission		
□ T10 soda-wash tower	50,759.29795	SCE (KG)	□ T48 cooling	9.16110	t
□ T12 central cooling	026,360.41000	SCE (KG)	▲ N2 emission		
□ T13 compressor	948,898.72370	SCE (KG)	□ T40 C2H2 reactor	47,697.34322	t
□ T16 destilantont	16,720.67005	SCE (KG)	▲ steam emission		
□ T17 destilantont	17,417.37433	SCE (KG)	□ T7 VC reactor	40,209.97521	t
□ T18 cooling-35C	181,140.70040	SCE (KG)	□ T36 thermidra	144,012.84010	t
□ T23 polymerizer	766,560.54950	SCE (KG)			
□ T24 steam cleaning	214,682.63000	SCE (KG)			
Sum			Sum		
kJ	960254356E11	kJ	kg	305,908.20800	t
kg	852,628.00000	kg			

## 4. Bewertungsparameter

The screenshot shows the 'Valuations' window in Umberto 5.5. The window title is 'Umberto 5.5 consult - [Valuation System Results (Zhongtai 2009, Input/Output, Key Performance Indicators)]'. The menu bar includes File, Edit, View, Draw, Attributes, Calculation, Balance, Valuation, Assistants, Tools, Options, Windows, and Help. The Project is 'zhongtai Master', Scenario is 'Zhongtai Netzwerk 2009', and Period is '01.01.2009 - 31.12.2009'. The 'Valuations' tab is active, displaying a table of parameters for PVC production.

Item	Quantity	Unit
Product		
◆ product rate	99.71087	%
ressource use indicators		
◆ CaC2 per ton of PVC CP G	1.39115	
◆ HgCL2 per ton of PVC	2.08986	kg/t
◆ electricity per ton of PVC	117.20806	SCE (KWh)
◆ H2O per ton of PVC	1.80125	t/t
◆ H2O (no ion) per ton of PVC	3.87853	t/t
◆ H2O all	5.67978	t/t
◆ CaC2 per ton of PVC	1.45925	t/t
waste related indicators		
◆ gaseous emissions per PVC ton	2.92084	t/t
◆ solid waste per PVC ton	3.62562	t/t
◆ VC emissions per PVC	0.02593	t/t
◆ C2H2 emissions per PVC	0.04409	t/t
◆ Carbide slag per PVC	1.68984	t/t

At the bottom of the window, the text 'SYSDBA at database U55\_UMBERTO\_CD' is visible. The Windows taskbar at the bottom shows the Start button, several open applications, and the system clock displaying '17:54'.