



 Science For A Better Life

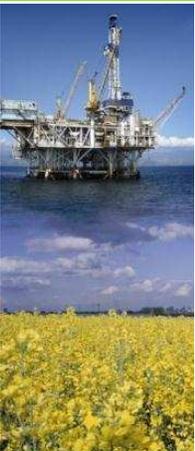
Gasdiffusionselektroden in der Elektrolyse

2013-01-24 Jürgen Kintrup

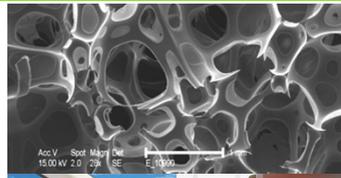
Page 1 • BMS-IO-BC-TI • Kintrup • 2013-01-15 Bayer MaterialScience

Chlorchemie




Rohstoffe

17
Cl
Chlor

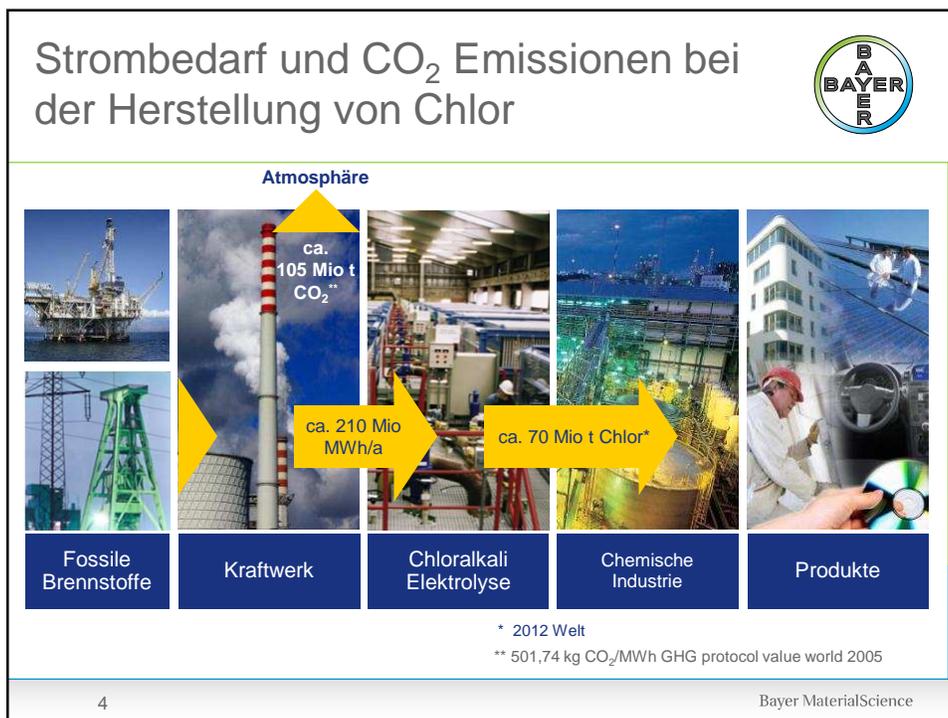
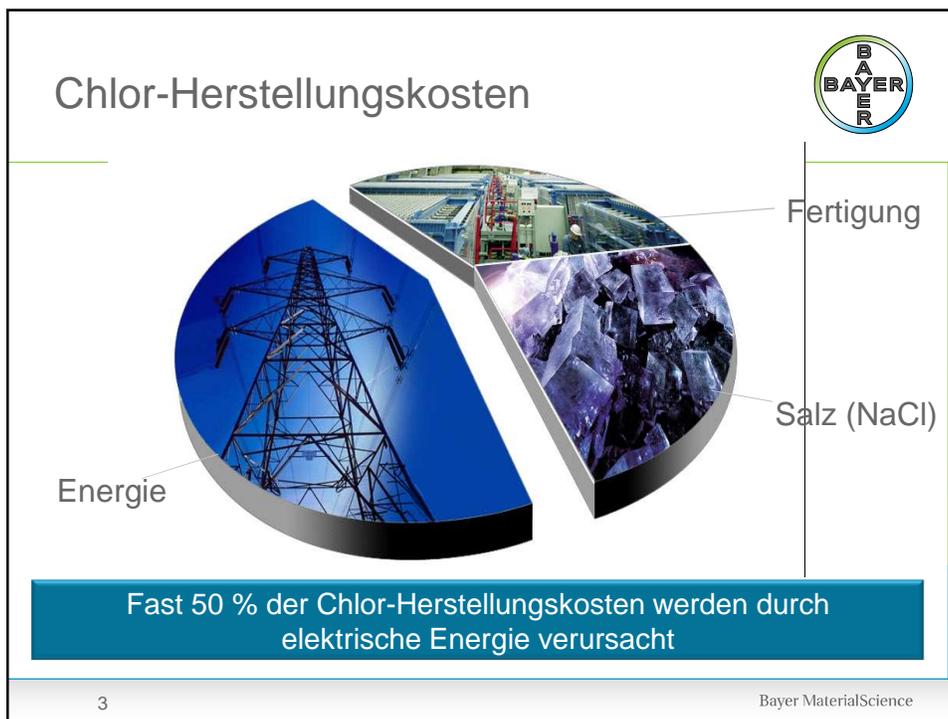


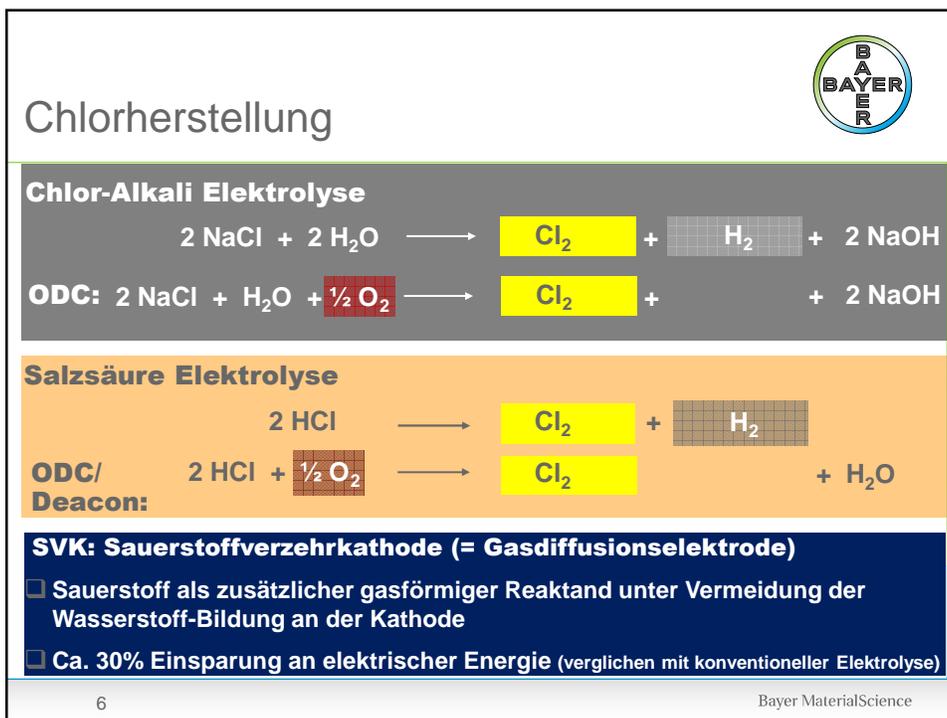
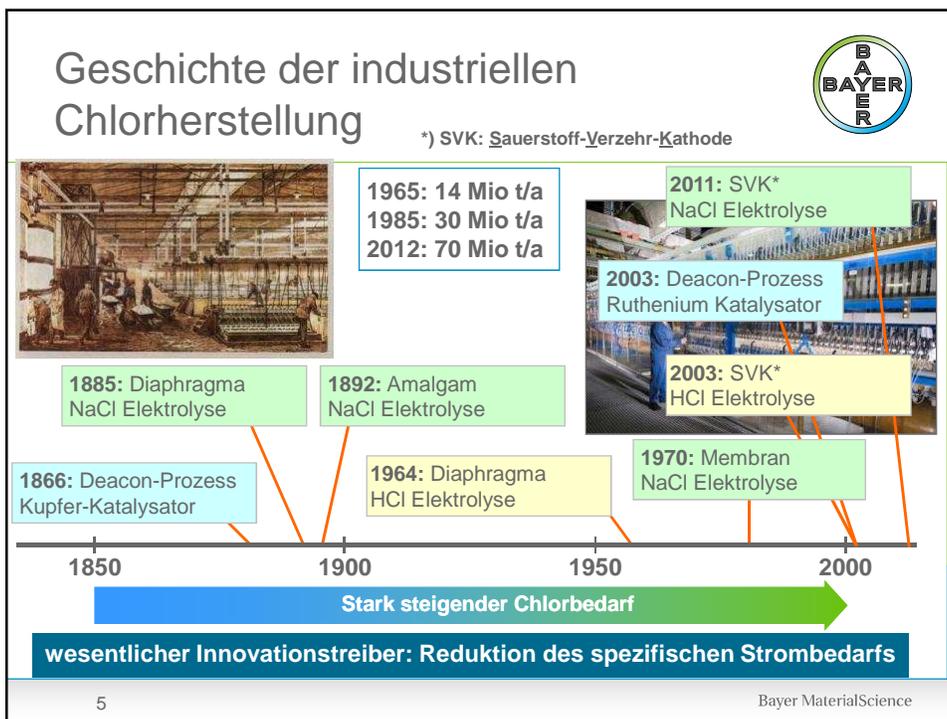
Asc V Surf Area SE E 10.000
15.00 kW 2.0 79

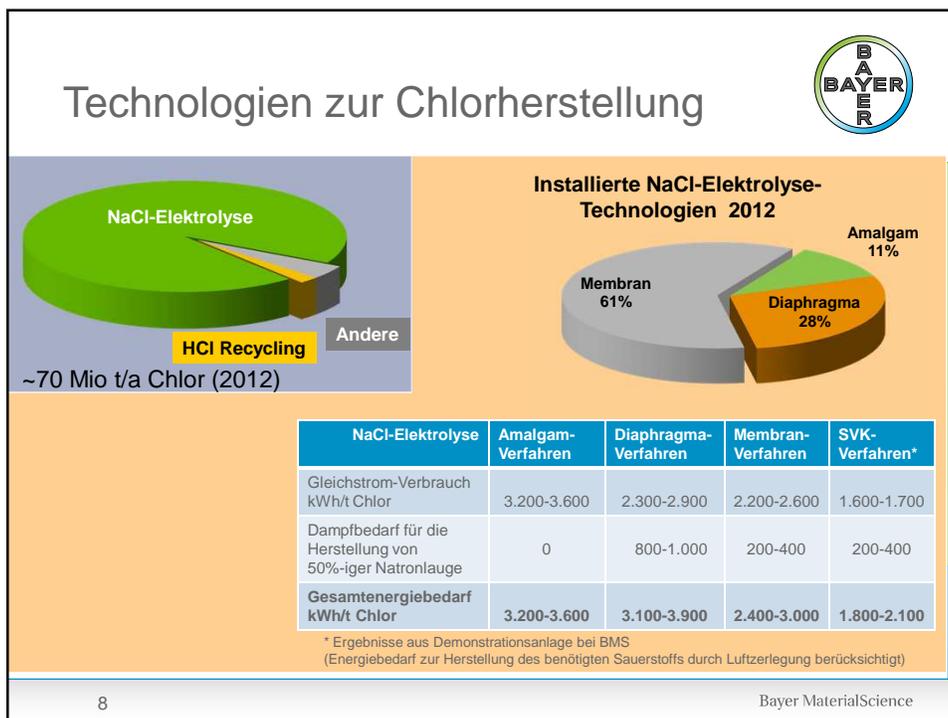
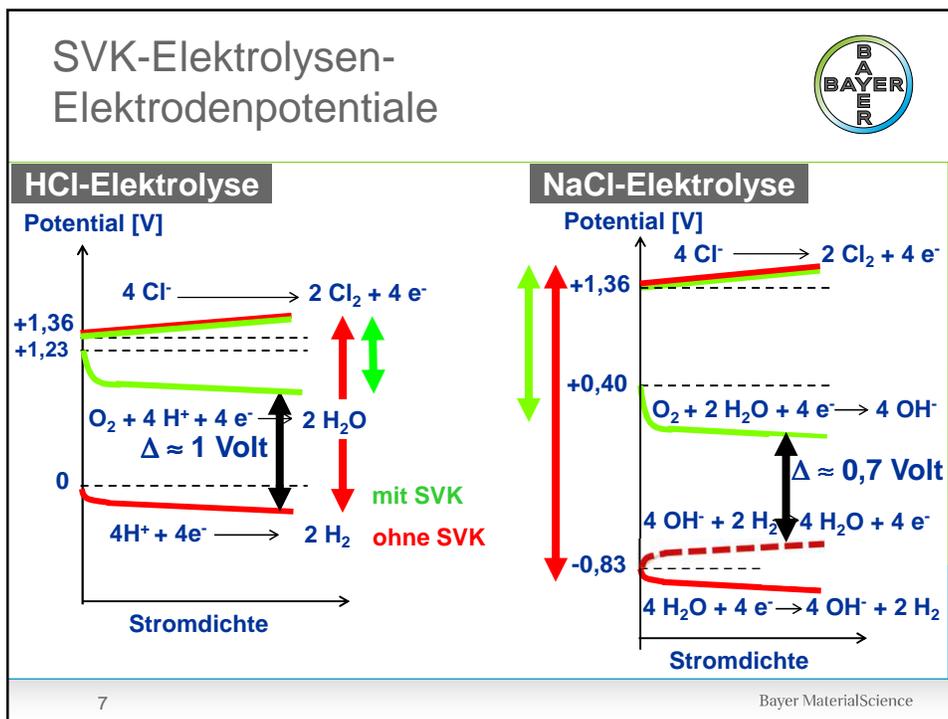


Rund 60 % aller chemischen Produkte und aller polymeren Werkstoffe hängen direkt oder indirekt von Chlor ab.

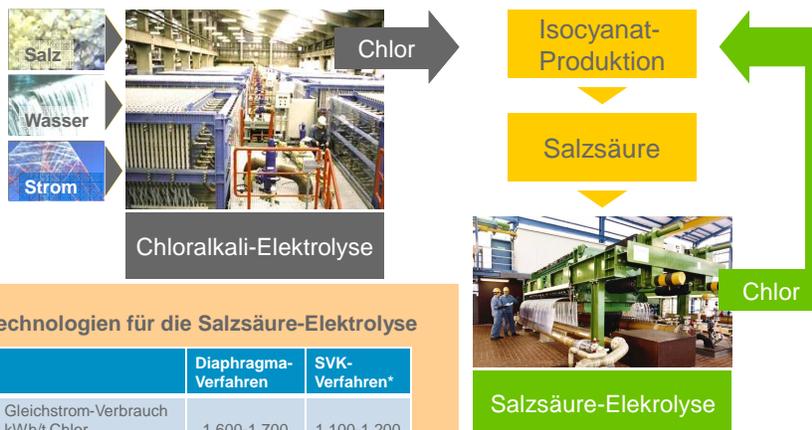
2 Bayer MaterialScience







Chlorherstellung per Salzsäure-Recycling

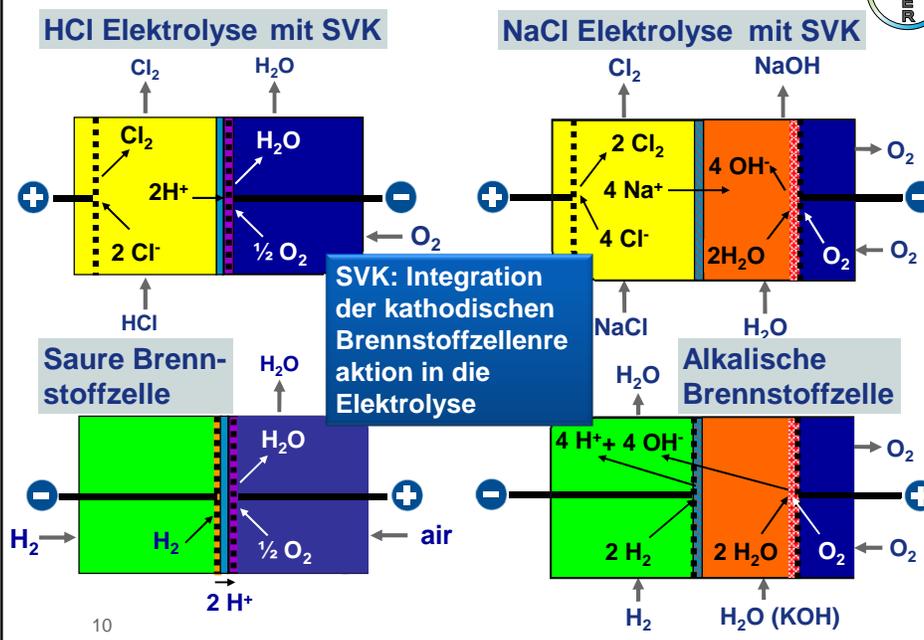


Technologien für die Salzsäure-Elektrolyse

	Diaphragma-Verfahren	SVK-Verfahren*
Gleichstrom-Verbrauch kWh/t Chlor	1.600-1.700	1.100-1.200

* Energiebedarf zur Herstellung des benötigten Sauerstoffs durch Luftzerlegung berücksichtigt

SVK und Brennstoffzelle



HCl-SVK Elektrolyse
 Bayer MaterialScience AG Caojing (China, 2008)
 Kapazität: 215 kt Cl₂ / a (≈ 30 MW)

Zum Vergleich:

**11.2 Megawatt Fuel Cell Park
 Providing Ultra-clean Power to the
 Electric Grid**

DANBURY, Conn., Nov. 15, 2011. (GLOBE NEWSWIRE) FuelCell Energy, Inc. (Nasdaq:FCEL) a leading manufacturer of ultra-clean, efficient and reliable power plants, today announced that **the world's largest fuel cell park** is now operating in Daegu City, South Korea. The 11.2 megawatt (MW) fuel cell park includes four 2.8 MW [DFC3000](#) Direct FuelCell® (DFC®) power plants, a scalable solution for providing ultra-clean baseload distributed generation close to where the power is used. The ultra-clean electricity generated by this facility is sold to the electric grid and usable high quality heat is provided to a neighboring water treatment facility.

...

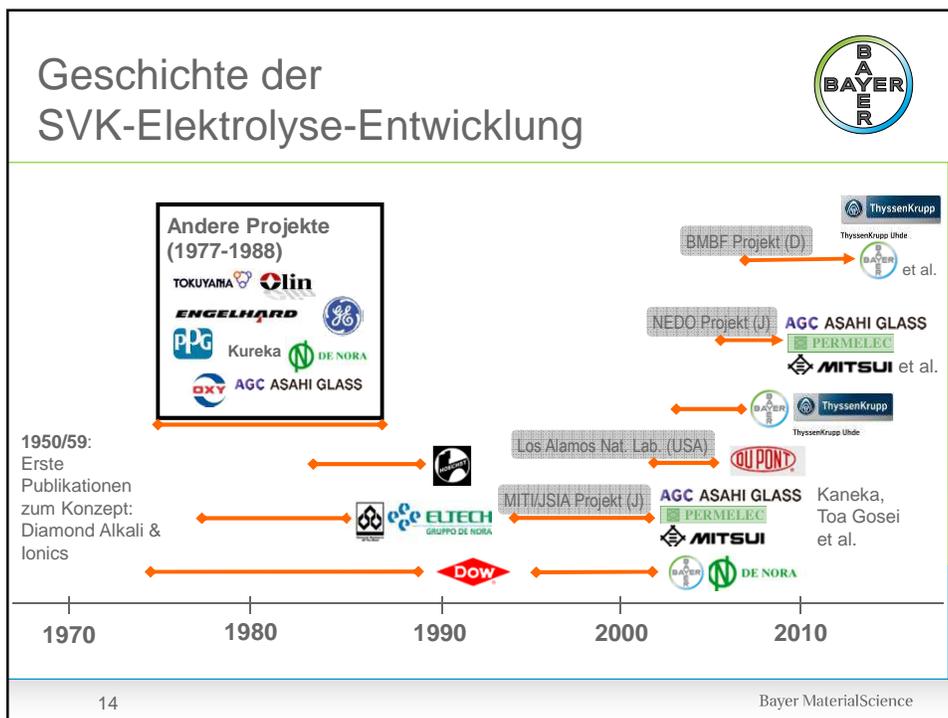
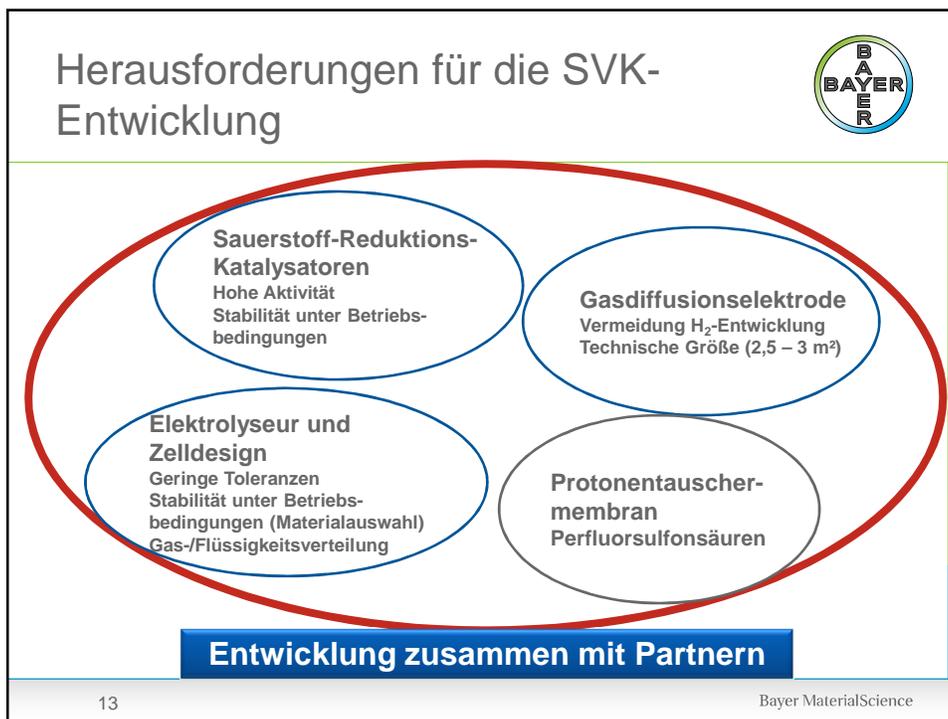
Pressemitteilung (Quelle: FuelCell Energy, Inc.)

11

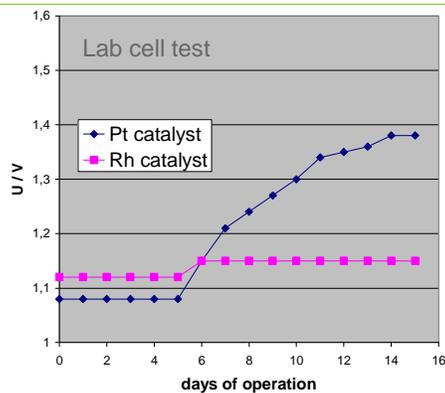
Prinzip NaCl-SVK-Elektrolyse

12

Bayer MaterialScience



ORR-Katalysatoren HCl-SVK-Elektrolyse



- Instabilität des Pt in Cl_2/HCl Umgebung, mögliche Vergiftung durch Organika
- Rh Chalcogenid stabil und aktiv
- Geträgerter Katalysator
 - Vorteile: Hohe Aktivität, geringer Edelmetallbedarf
 - Nachteil: Alterung

15

Bayer MaterialScience

ORR-Katalysatoren NaCl-SVK-Elektrolyse



Katalysatorsysteme aus alkalischer Brennstoffzelle: Pt, Ag

Form und Zusammensetzung

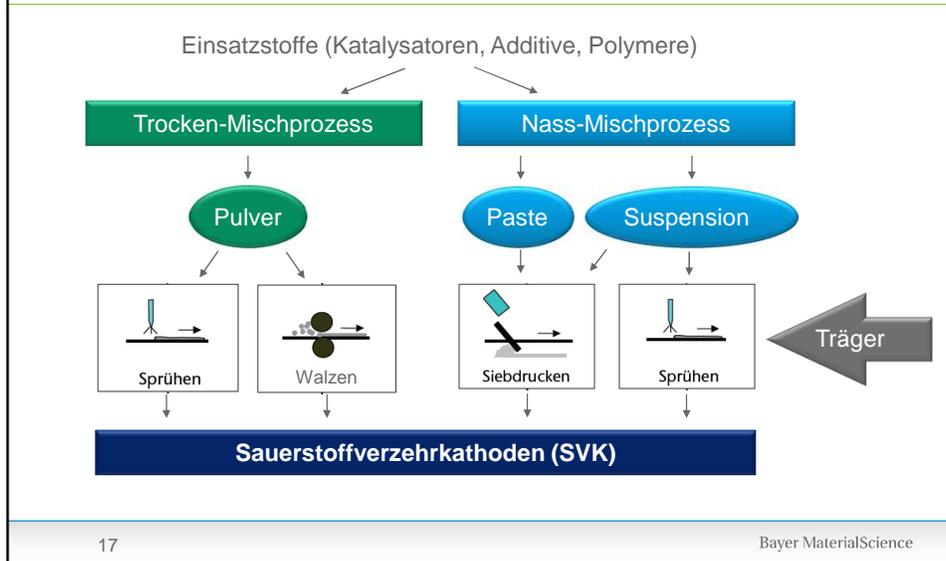
- Metallische Pulver
- Fällungen (oxides, hydroxides)
 - Reduktion erforderlich
- Agglomerate vs. einzeln dispergierte Teilchen
- Geträgerte Katalysatoren
 - Hohe Aktivität bei geringem Edelmetallverbrauch
 - Beispiele: Ag/C, Pt/C, Ag/PTFE ("Silflon")

Langzeitstabilität des Katalysators wesentlich für technische (stationäre) Anwendung

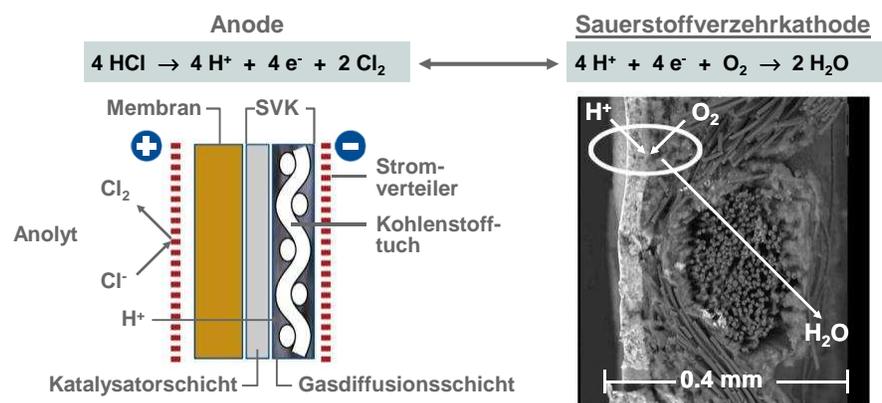
16

Bayer MaterialScience

Herstellung von Gasdiffusionselektroden für die Chlorproduktion



HCl SVK-Gasdiffusionselektroden



- Null-Abstand zwischen Membran und SVK (wie bei PEMFC)
- Kohlenstoff/Polymer basierte Gasdiffusionselektrode

NaCl-SVK-Elektrolyse Herausforderung Sauerstoffverzehrkatode

Geringer Strombedarf

- hohe katalytische Aktivität
- Gas/Flüssigkeits-dicht bei gleichzeitig ausreichender Porosität

Geeignet für technische Elektrolysezellen

- ~ 3 m² Elektrodenfläche
- leicht montierbar

Langzeit-Stabilität

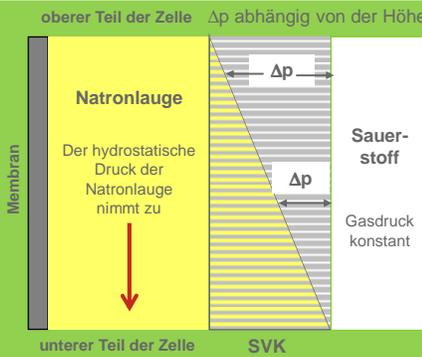
- sehr gute Beständigkeit gegenüber Natronlauge und Sauerstoff bei 90°C
- hohe Verfügbarkeit erforderlich >99% Lebensdauer mindestens 4 Jahre




19
Bayer MaterialScience

NaCl-SVK-Elektrolyse Herausforderung Zelldesign

oberer Teil der Zelle Δp abhängig von der Höhe



unterer Teil der Zelle SVK

Effekt des Laugedrucks:
Flutung der SVK-Poren im unteren Bereich der Zelle und Penetration von Sauerstoff im oberen Bereich der Zelle.

Technische Konzepte zur Kompensation des Drucks der Flüssigkeitssäule

- Horizontale Zelle
- Multikompartiment-Zelle
- "Patchwork" SVK
- Gastaschen-Zelle
- Fallfilm-Zelle
- Gas & Flüssigkeits-dichte SVK
- „Single Gastasche“
- Zero gap-Zelle

20
Bayer MaterialScience

NaCl-SVK-Elektrolyse Herausforderung SVK-Funktionalität

Sauerstoff
Gasdruck konstant

Arbeitsbereich

Natronlauge
Der hydrostatische Druck der Natronlauge nimmt zu

Druckverhältnisse in einer GDE im technischen Maßstab

Schematisierte Pore einer GDE mit den Reaktionen in den Dreiphasenzonen für eine SVK (Sauerstoffverzehrkathode)

Elektrokatalytisch aktives Material mit elektrischem Kontakt zum Stromkollektor

O_2

$2H_2O$

$4e^-$

$4OH^-$

21
Bayer MaterialScience

NaCl-SVK Zelltechnologien (I)

Gastasche

NaOH

Cl₂

Anode

SVK

Gastaschen

O₂

NaOH

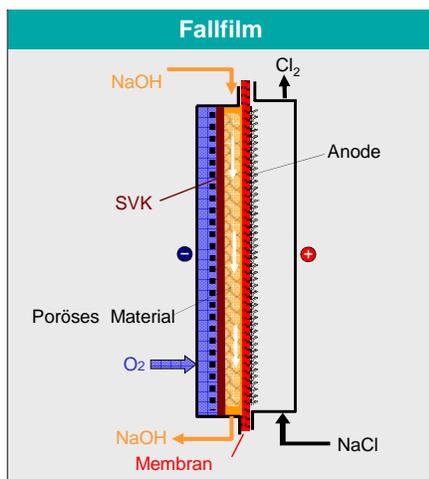
Membran

NaCl

- Unterteilung des Sauerstoffkanals in unterschiedliche „Gastaschen“
- Individuelle Einstellung des Drucks in den Gastaschen

22
Bayer MaterialScience

NaCl-SVK Zelltechnologien (II)

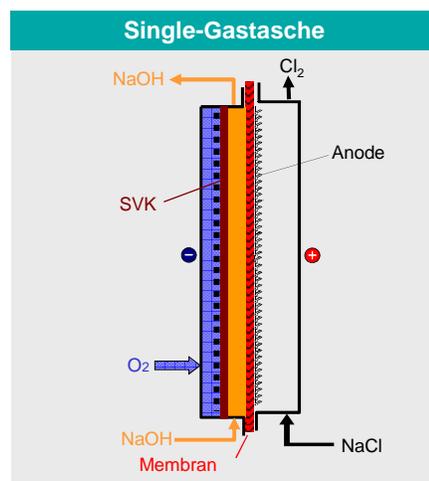


- Lauge läuft von oben nach unten durch ein poröses Gewebe
- Effekt:
 - hydrodynamischer Druckverlust kompensiert hydrostatische Druckdifferenz

23

Bayer MaterialScience

NaCl-SVK Zelltechnologien (III)

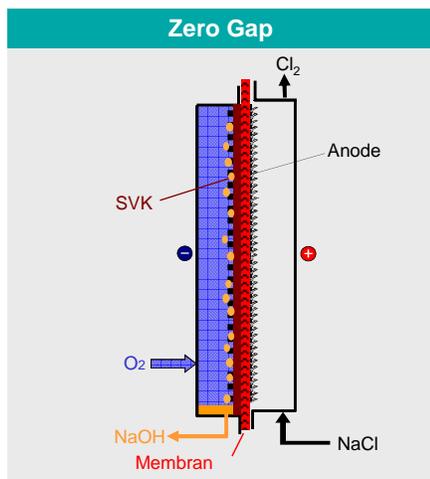


- Betrieb mit nur einer Gastasche erfordert eine SVK, die für den Betrieb bei Druckdifferenzen über der gesamten Bauhöhe (> 1m) geeignet ist

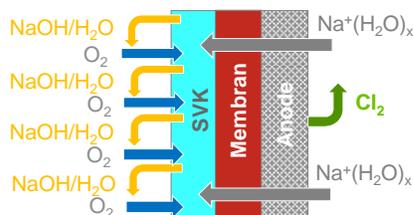
24

Bayer MaterialScience

NaCl-SVK Zelltechnologien (IV)



- Nullabstand (Zero Gap): SVK liegt direkt auf Membran; kein Elektrolytspalt; Vermeidung ohmscher Spannungsabfall
- Spezielle SVK erforderlich, die bei kontinuierlichem Durchfluss der Lauge im Gegenstrom für Sauerstoff hinreichend zugänglich ist



25

Bayer MaterialScience

Entwicklung HCl-SVK-Elektrolyse in Kooperation mit De Nora und ThyssenKrupp Uhde



1997: Labor → Pilot I → Pilot II → 2003: Demo Brunsbüttel

2005: Auszeichnung (Electrochemical Technology Award) ← 2008: World Scale Caojing ← 2008: Auszeichnung (BDI Umweltpreis)

26

Bayer MaterialScience

Entwicklung NaCl-SVK-Elektrolyse in Kooperation mit ThyssenKrupp Uhde und weiteren Partnern

1994: Labor

Pilot I

2006: Pilot II

Projektziel:
Produktionsreife SVK-Technologie für die Chlorherstellung aus Kochsalz (NaCl) mit 30% geringerm Energiebedarf

12 Partner (Industrie + Unis) | Laufzeit 6/2006 – 6/2010

RESPONSIBLE CARE
Herausgeber: VCI
Nur Anders, geht Matters. Für Nachhaltigkeit.

3. Platz
Auszeichnung für die Unternehmen Bayer MaterialScience Aktiengesellschaft und ThyssenKrupp Uhde

VCI

2011: Demo Uerdingen

2012: Auszeichnung

27

Bayer MaterialScience

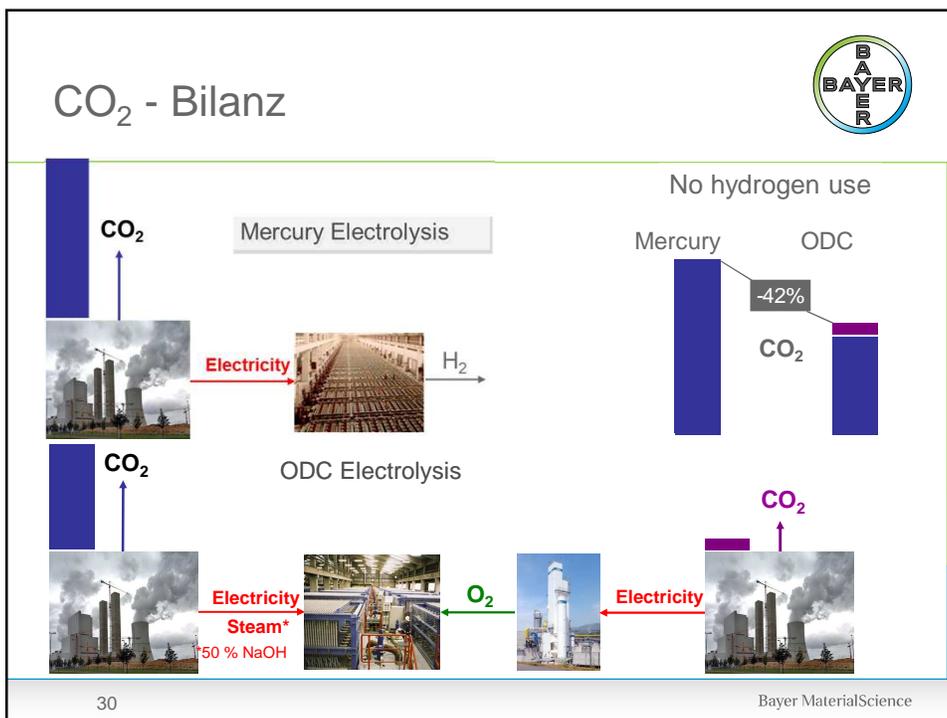
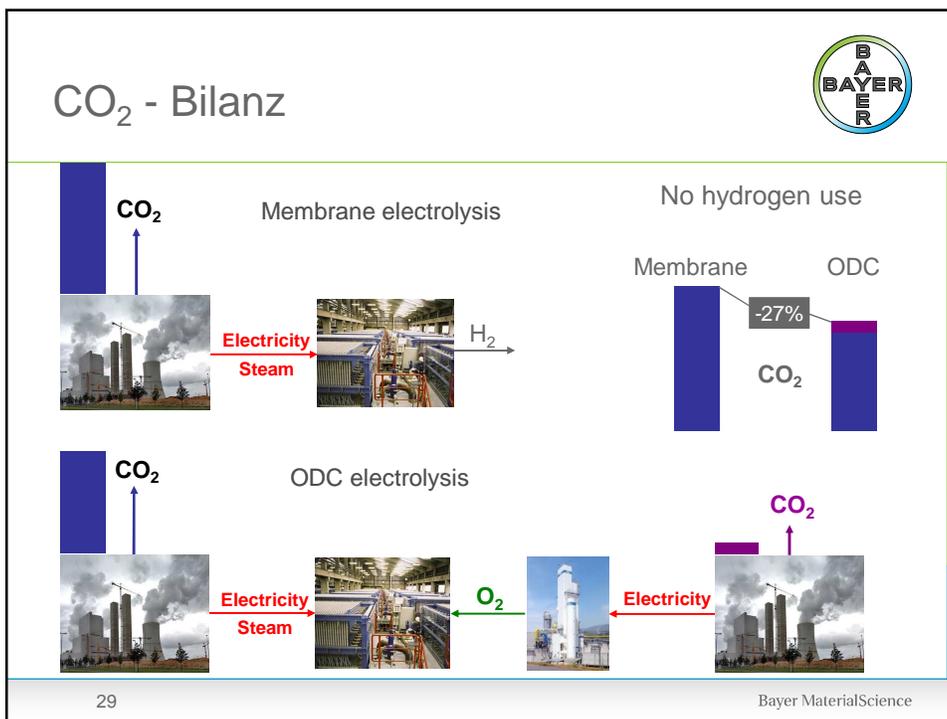
Umrüstung auf NaCl-SVK Technologie

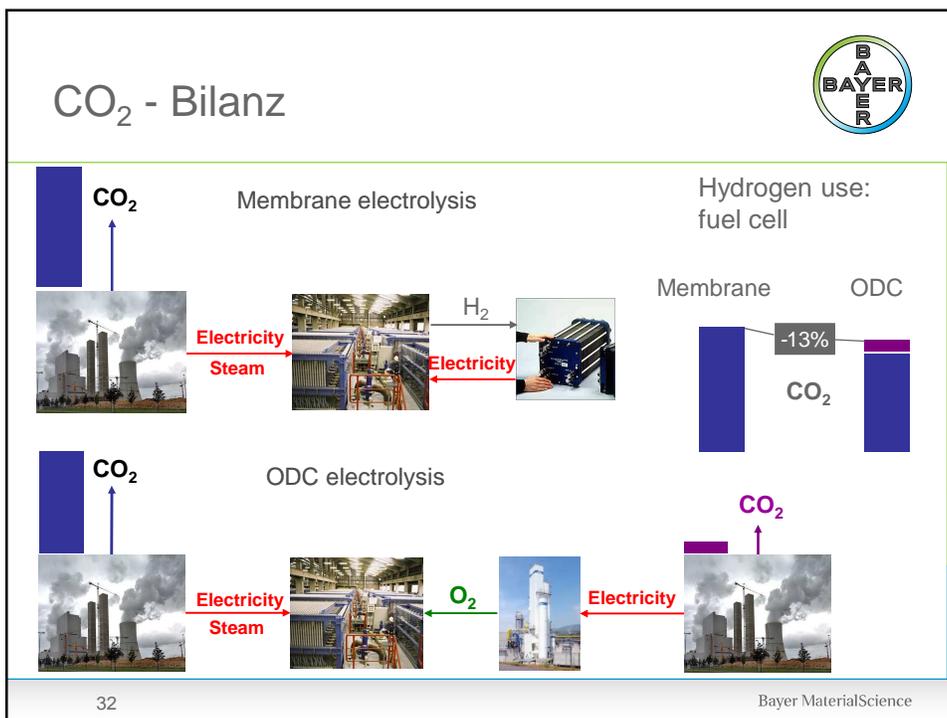
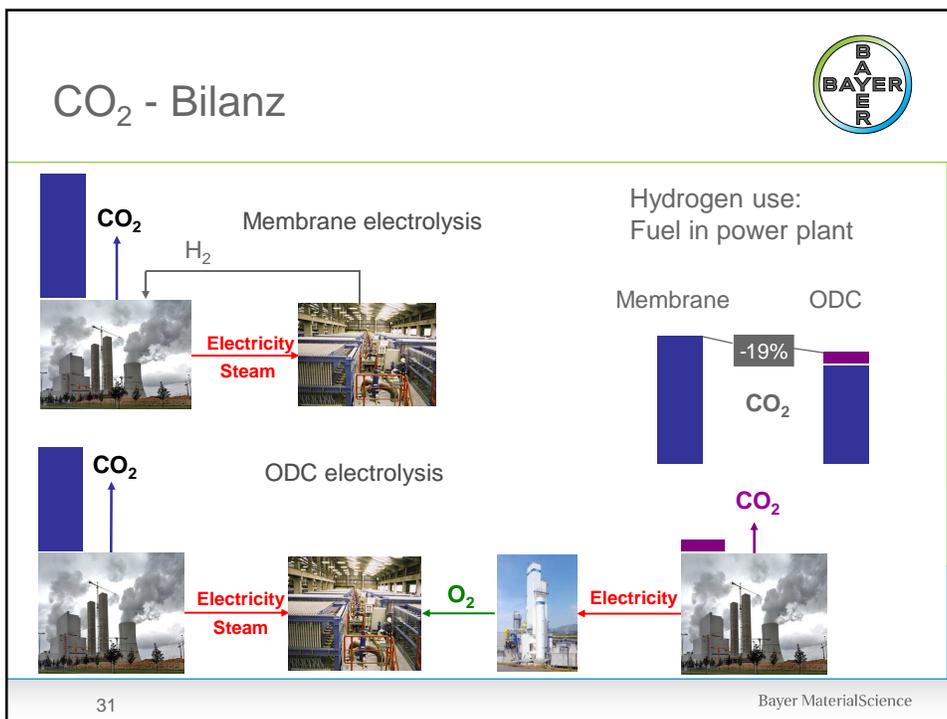
CO₂
Bilanz *

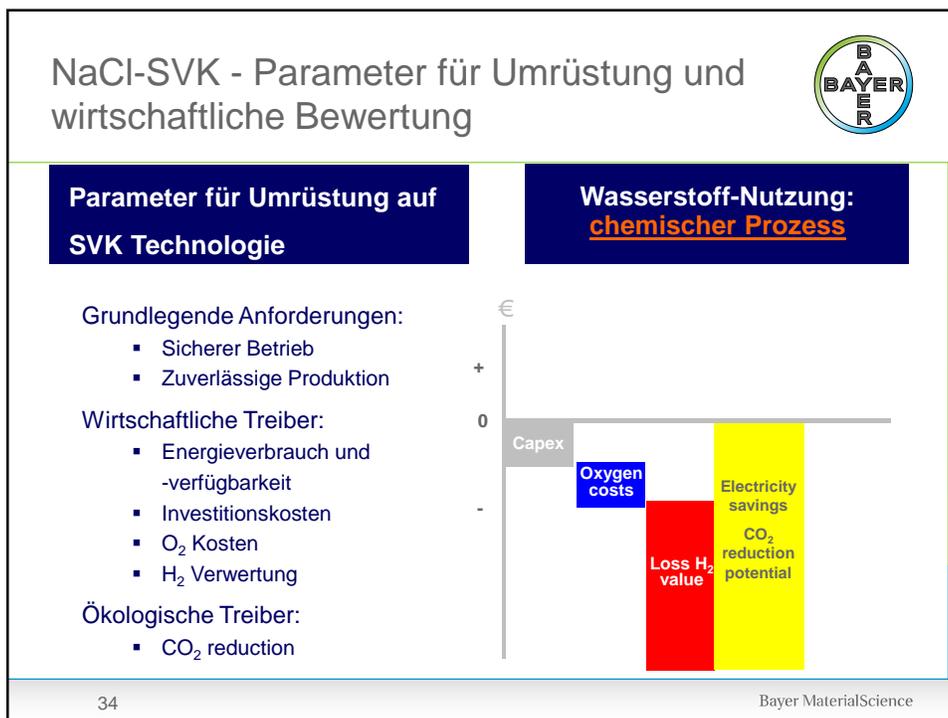
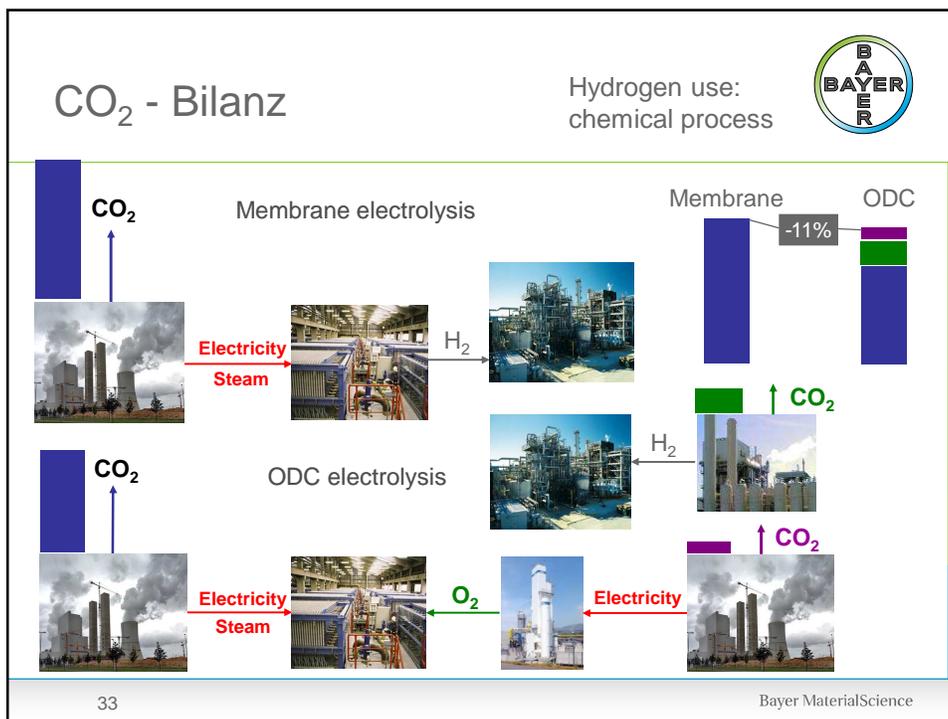
* Datenermittlung in Kooperation mit

28

Bayer MaterialScience









NaCl-SVK - Parameter für Umrüstung und wirtschaftliche Bewertung

Parameter für Umrüstung auf SVK Technologie

Grundlegende Anforderungen:

- Sicherer Betrieb
- Zuverlässige Produktion

Wirtschaftliche Treiber:

- Energieverbrauch und -verfügbarkeit
- Investitionskosten
- O₂ Kosten
- H₂ Verwertung

Ökologische Treiber:

- CO₂ reduction

Wasserstoff-Nutzung: Brennstoff-Ersatz

35 Bayer MaterialScience

NaCl-SVK - Parameter für Umrüstung und wirtschaftliche Bewertung

Parameter für Umrüstung auf SVK Technologie

Grundlegende Anforderungen:

- Sicherer Betrieb
- Zuverlässige Produktion

Wirtschaftliche Treiber:

- Energieverbrauch und -verfügbarkeit
- Investitionskosten
- O₂ Kosten
- H₂ Verwertung

Ökologische Treiber:

- CO₂ reduction

Wasserstoff-Nutzung: keine

36 Bayer MaterialScience

Ausblick: Weitere Einsatzmöglichkeiten für Sauerstoffverzehr-Kathoden

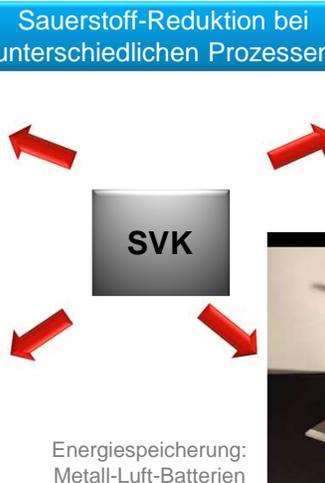
Trinkwasser-behandlung (NaOCl)



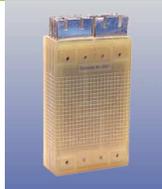
Energieeinsparung bei der elektrochemischen Herstellung von Cl_2 , Cl_2O , $NaClO_3$ u.a.



Sauerstoff-Reduktion bei unterschiedlichen Prozessen



SVK



Stromerzeugung: Alkalische Brennstoffzelle



Energiespeicherung: Metall-Luft-Batterien

37 Bayer MaterialScience

Chlorherstellung mit Gasdiffusions-elektroden

- Entwicklung getrieben durch wirtschaftliche und ökologische Überlegungen
- Gasdiffusionselektrode als ein (wichtiger) Bestandteil der Technologieentwicklung
- HCl SVK Technologie seit 2008 im großindustriellen Einsatz
- NaCl SVK Technologie seit 2011 im Demonstrationsmaßstab
 - Nach Abschluss der 2-jährigen Testphase ist die Vermarktung geplant



Energie Fertigung
Salz (NaCl)

Sauerstoff-Reduktions-Katalysatoren mit Aktivität bei niedrigeren Temperaturen
 Gasdiffusionselektrode mit hoher Leistungsdichte und langer Lebensdauer (2-4 J.)
 Elektrolyseur und Zellenstack mit geringer Membran- und Gaskanalverlustleistung
 Prozess- und Anlagen-Optimierung
 Prozess- und Anlagen-Optimierung



Energieeffiziente Chlor-Herstellung unter Einsatz von Gasdiffusionselektroden

38 Bayer MaterialScience



Zukunftsgerichtete Aussagen

Diese Präsentation kann bestimmte in die Zukunft gerichtete Aussagen enthalten, die auf den gegenwärtigen Annahmen und Prognosen der Unternehmensleitung des Bayer-Konzerns bzw. seiner Konzerne beruhen.

Verschiedene bekannte wie auch unbekannte Risiken, Ungewissheiten und andere Faktoren können dazu führen, dass die tatsächlichen Ergebnisse, die Finanzlage, die Entwicklung oder die Performance der Gesellschaft wesentlich von den hier gegebenen Einschätzungen abweichen. Diese Faktoren schließen diejenigen ein, die Bayer in veröffentlichten Berichten beschrieben hat. Diese Berichte stehen auf der Bayer-Webseite www.bayer.de zur Verfügung.

Die Gesellschaft übernimmt keinerlei Verpflichtung, solche zukunftsgerichteten Aussagen fortzuschreiben und an zukünftige Ereignisse oder Entwicklungen anzupassen.



Science For A Better Life

Thank you!