



Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Modulares Konzept zur nachhaltigen Wasserentsalzung mittels Kapazitiver Entionisierung – am Beispiel Vietnam „WaKap“

WavE - Auftaktveranstaltung
Frankfurt, 13.12.2016

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Prof. Dr.-Ing. Jan Hoinkis



Übersicht

1. Projektübersicht und –ziele
2. Verfahrenskonzept & Pilotanlagen
3. Präsentation „WaKap“- Partner
4. Arbeitspakete AP1 – AP7
5. Bisherige Ergebnisse



Projektübersicht

Problematik in Vietnam:
steigender Meeresspiegel und
Zunahme von extremen
Wetterverhältnissen →
Eindringung von Meerwasser führt
zu vermehrter Versalzung des
Grund- und Oberflächenwassers

Außerdem: hohe Arsen-
konzentrationen im Grundwasser
Insbesondere im Delta des Roten
Flusses: $[As] > 600 \mu\text{g/L}$

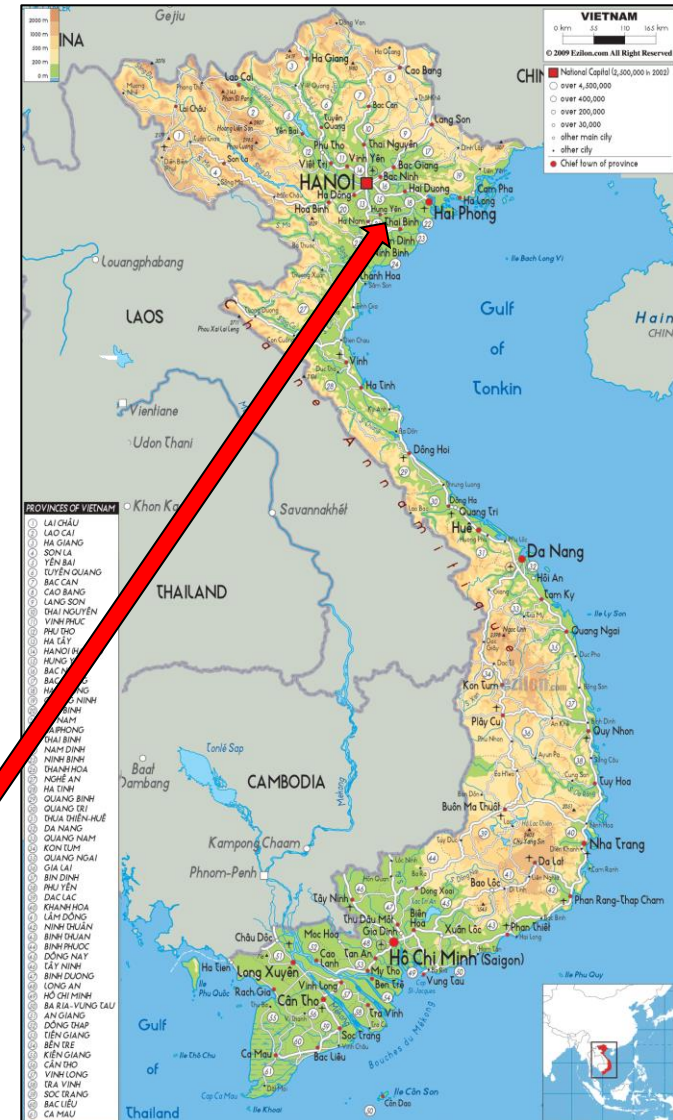


Abb.: Vietnamkarte
(Quelle: opensource, Ezilon (2009))



Projektübersicht

Das Ziel:

Entwicklung einer energieeffizienten, dezentralen und autark einsetzbaren Entsalzungsanlage durch die Kombination von Kapazitive Deionisierung CDI und Umkehrosmose UO

Für Grundwasser mit hohen Arsen- und Eisenkonzentrationen erfolgt eine In Situ (unterirdische) Vorbehandlung.

Pilotierung in zwei Orten

- 1) An Giang Provinz:**
Grundwasseraufbereitung
- 2) Vung Tau:**
Meerwasserentsalzung

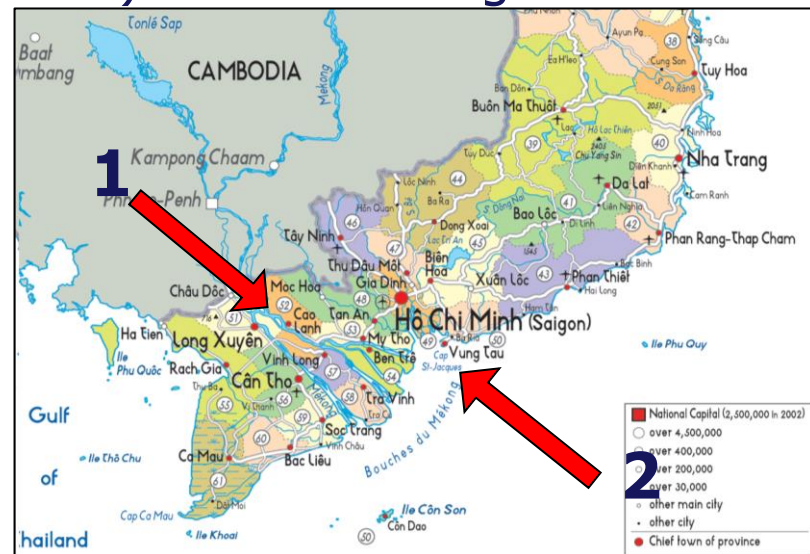


Abb.: Ausgewählte Orte für die Pilotierung
(Quelle: opensource, Ezilon (2009))

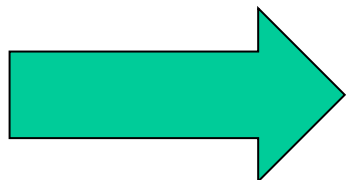
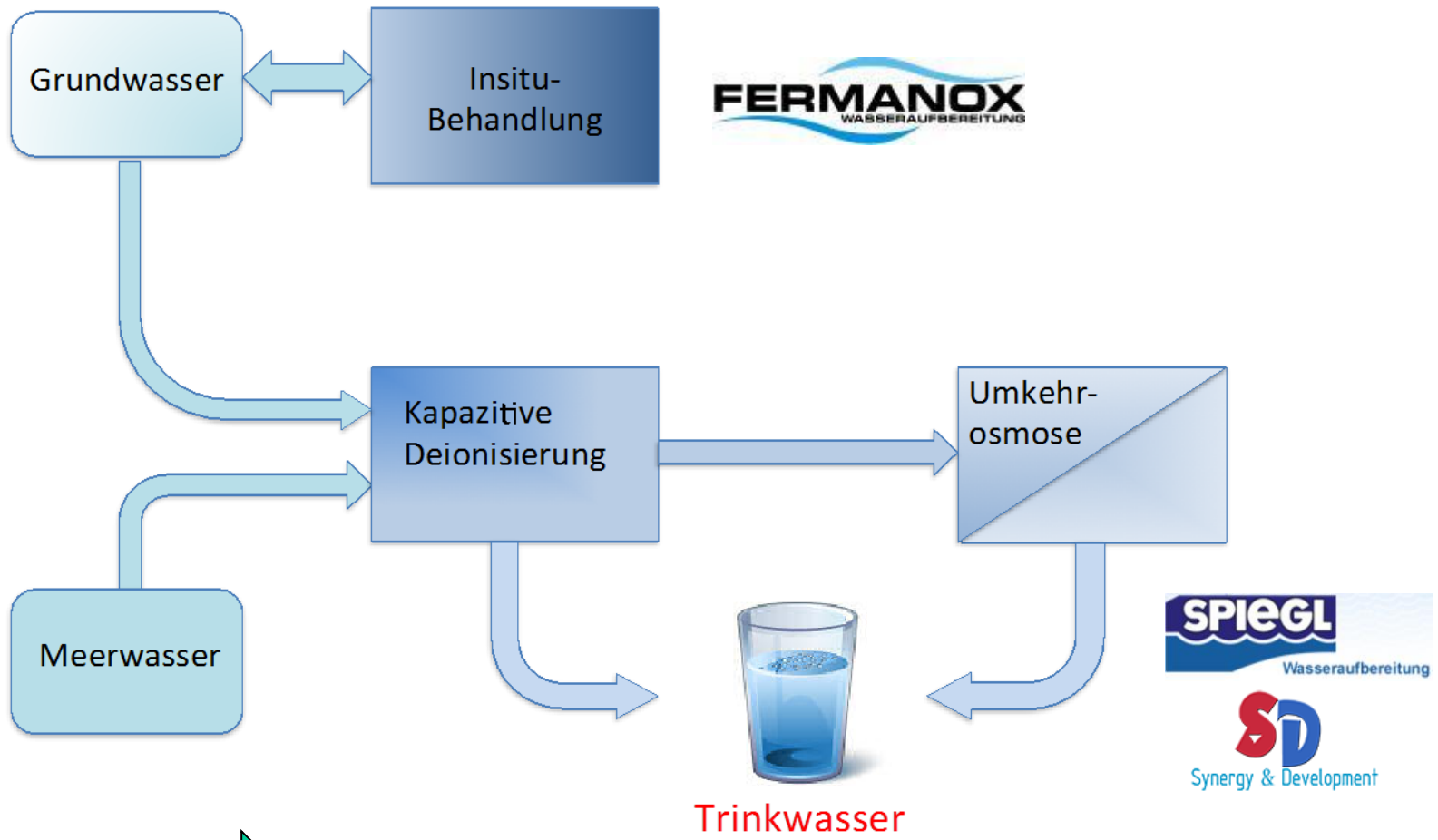


Projektziele

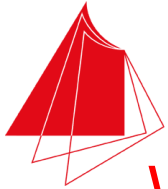
- Entwicklung der modularen Anlage im **Labor- und halbtechnischen Maßstab**:
 - 1) Entsalzung von Meer- bzw. Brackwasser
 - 2) Grundwasseraufbereitung (Arsenentfernung)
- **Autarker Betrieb** mittels regenerativer Energiequellen (PV, Wind)
- **Energieoptimierung** des Moduls durch eine computerbasierte Systemanalyse und Laborversuche mit Modellwasser (NaCl, As)
- Entwicklung und Durchführung einer **Nachhaltigkeitsbewertung** des Gesamtprozesses



WaKap – Verfahrenskonzept



Kopplung mit EE



WaKap – Pilotanlagen

1) Kapazitive Deionisierung (CDI):

Energieeffiziente Entsalzungsmethode

Anlegung eines elektrischen Feldes zwischen zwei Elektroden:
Salz-Anionen und Kationen werden durch die porösen Elektroden adsorbiert

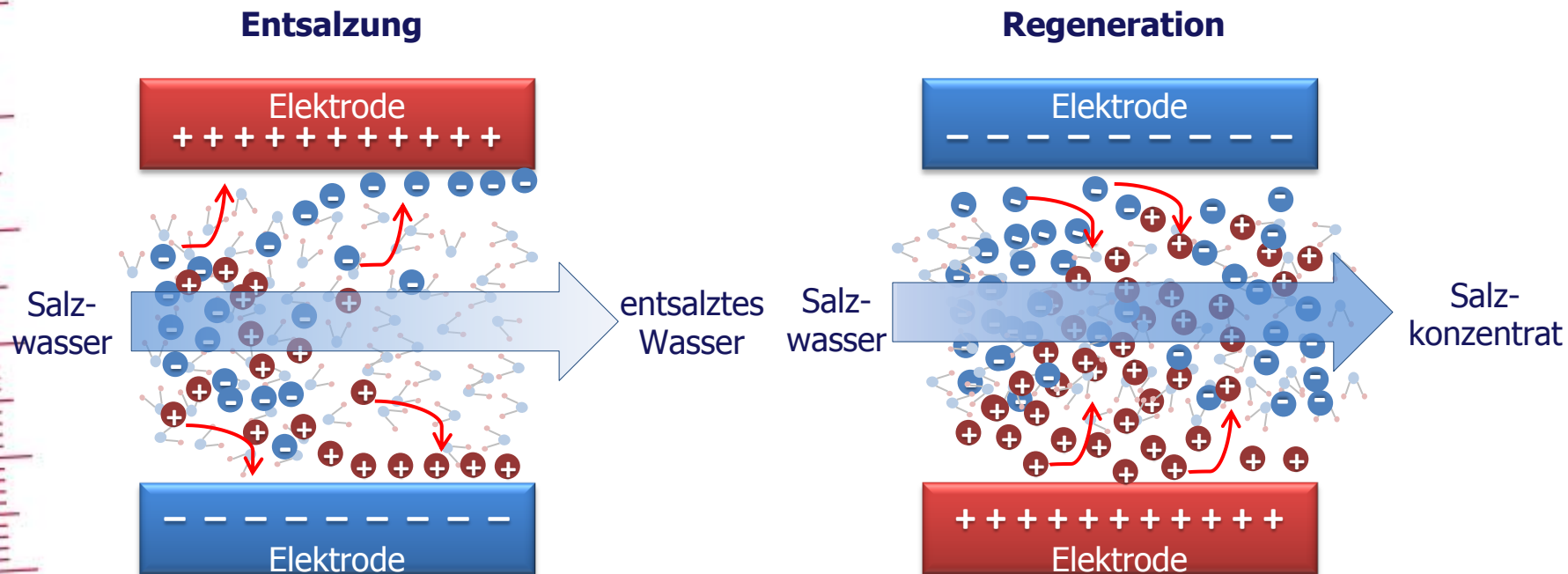
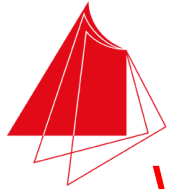


Abb.: Prinzip der kapazitiven Deionisierung. Zwei Betriebsmodi: Adsorption (links) und Desorption (rechts)



WaKap – Pilotanlagen

2) Umkehr Osmose (UO)

Entsalzung mit Membrantechnologie

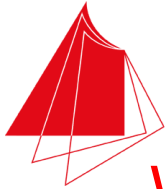


Abb. Typische Anlage – Umkehrosmose
(Quelle: Karl Spiegl GmbH)

WaKap:

Innovative up-stream
Prozesskombination mit CDI und
UO :

- Vorentsalzung von Meerwasser mittels CDI
- Reduktion des erforderlichen Druckes
- signifikante Herabsetzung des Energieverbrauchs



WaKap – Pilotanlagen

3) In-Situ Vorbehandlung

Unterirdische Enteisenung/Entmanganung/Entarsenung (UEE)

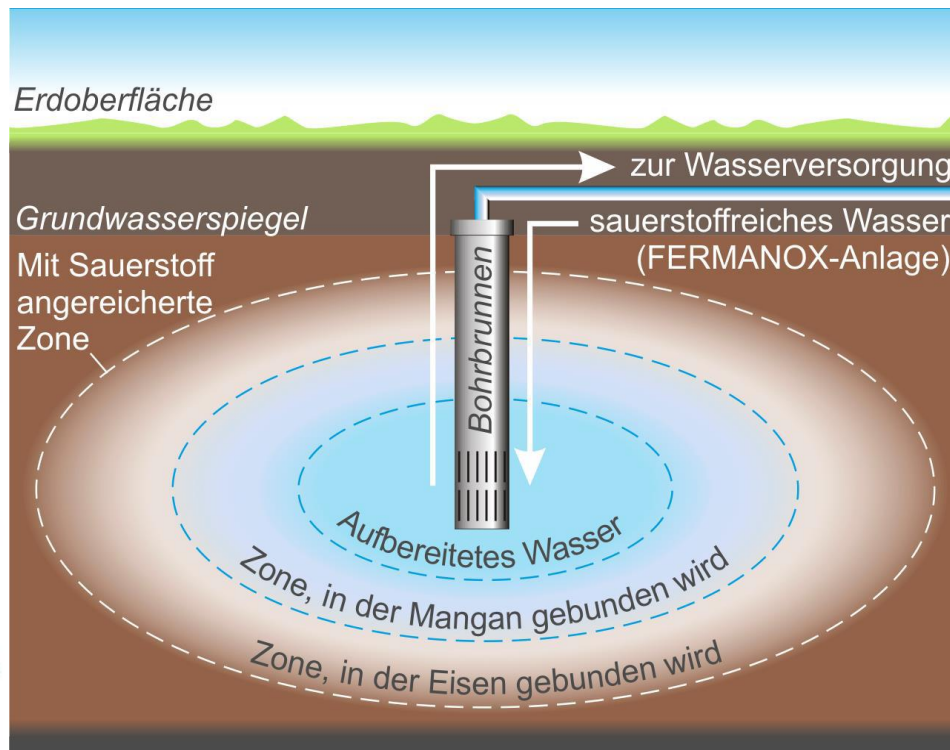


Abb. Darstellung einer unterirdischen Aufbereitung
(Quelle: Winkelkemper/Fermanox GmbH)

1. Sauerstoffanreicherung in den Bohrbrunnen
2. Natürliche Aufbereitungszonen entstehen im Grundwasserleiter.
3. Eisen oxidiert am äußeren Rand. Arsen wird als Eisen-Arsenat ausgefällt.
4. Aufbereitetes Wasser entsteht rund um den Brunnen



Energiemodul

Konzept zur energieautarken Versorgung mit regenerativer Energie:

Solarenergie: Photovoltaikzellen (PV)
kombiniertes PV-Modul mit einem thermoelektrischen
Generator (TEG)

Windenergie: Windturbine für Meerwasserentsalzung (Küste)

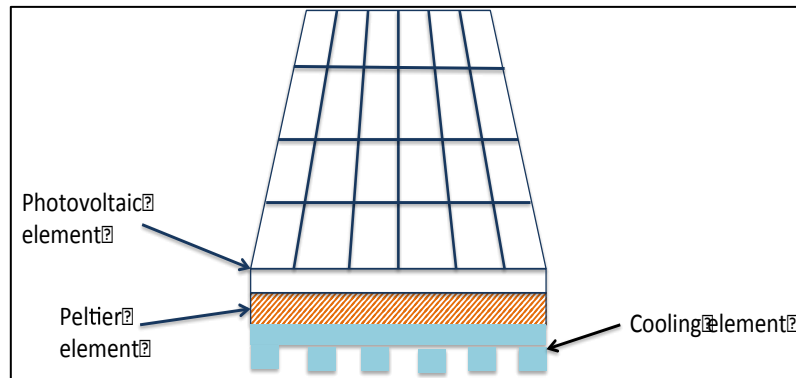


Abb.: Schematische Darstellung eines TEG

TEG Vorteile:

- Nutzung der Wärme durch Umwandlung in Elektrizität
- Effizienzerhöhung der PV-Zelle durch Kühlungseffekt

- Durch Kombination beider Energiequellen kann eine konstantere Energieversorgung gewährleisten
- Benötigte Batteriekapazität wird verringert



WaKap – Arbeitspakete

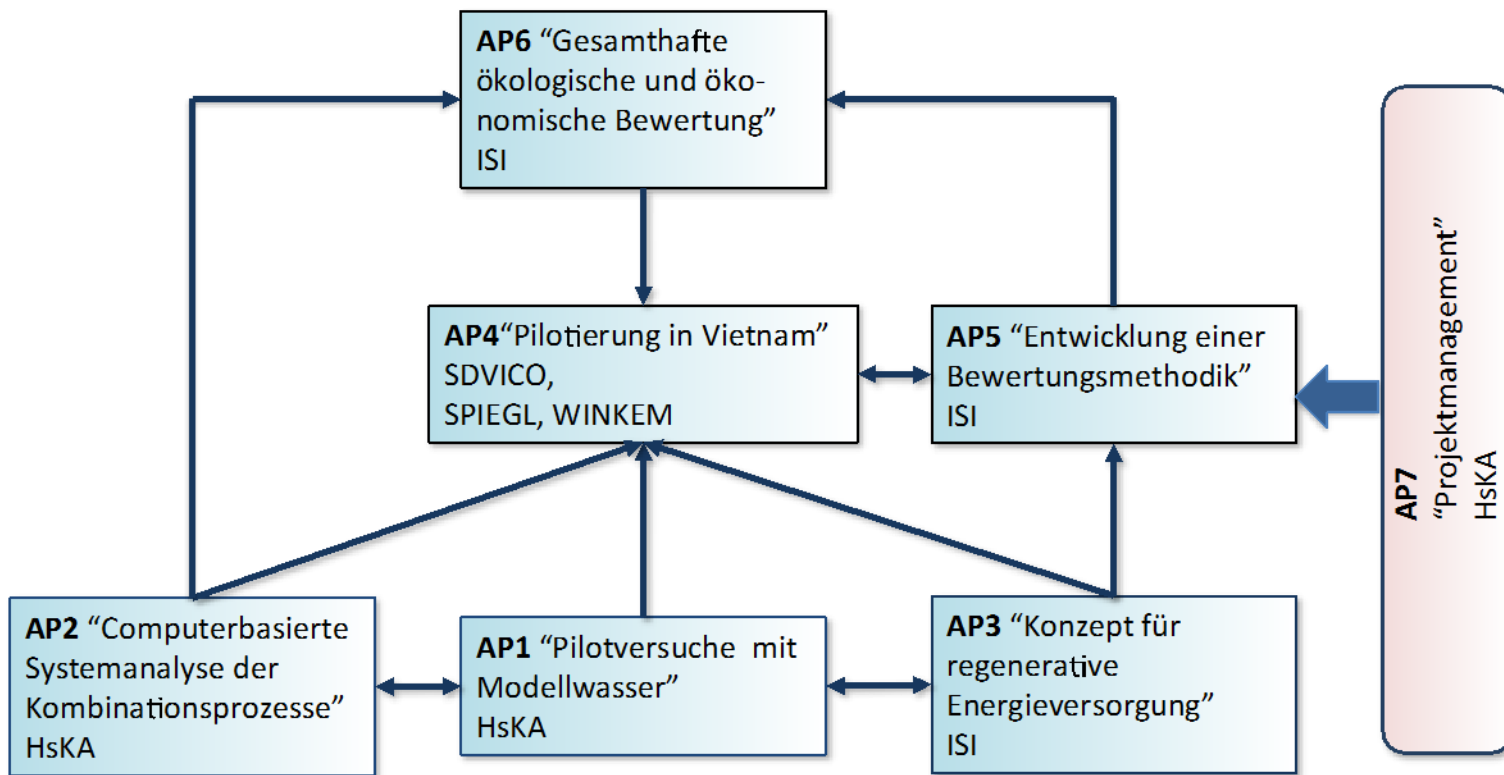


Abb.: Zusammenstellung der Arbeitspakete



AP1: Pilotversuche im Labor mit Modelwasser

Ziele

- Bestimmung der optimalen Randbedingungen und Funktionsparameter für das CDI-Modul
- Ergebnisse liefern die Grundlage für die Gestaltung der Anlage und die Pilotierung vor Ort

Durchführung

- Labortests mit NaCl und Arsen
- Tests zur Charakterisierung des Fouling-Verhaltens



Abb. CDI-Anlage im Labor



AP2: Computerbasierte Systemanalyse

Ziele

- Bestimmung aller relevanten **Parameter** für den gesamten **Energieverbrauch** und die **Wasserqualität**
- **Optimierung** des Systems: geringer Energieverbrauch und hohe Qualität des Trinkwassers

Durchführung

- Modellierung des CDI-Prozesses
- Modellierung des kombinierten Prozesses CDI + UO
- Evaluierung mit den praktischen Experimenten im Labor

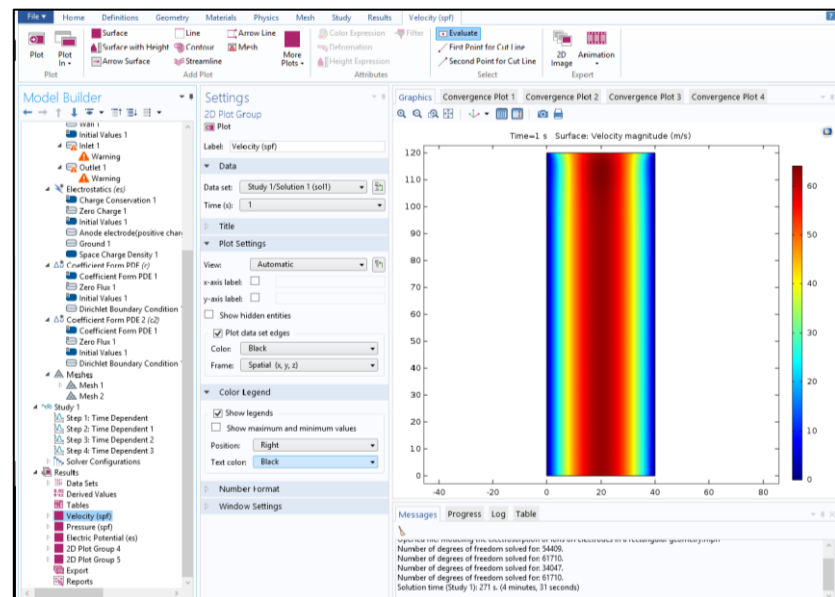


Abb. Screenshot Modellierungssoftware



AP3: Konzept für regenerative Energieversorgung

Ziele

- Entwicklung eines **Energiekonzepts** zum autarken Betrieb
- Betrieb des **Gesamtprozesses**
- Verwendung **regenerativer** Energiequellen
- Beachtung unterschiedlicher Rahmenbedingungen (lokal und bedarfsspezifisch)
- Vorbereitung der Pilotierung

Durchführung

- Identifikation der Anforderungsparameter
- Technologieradar: Zusammenstellung und Analyse von Technologieoptionen
- Ableitung von Handlungsempfehlungen



AP4: Pilotierung in Vietnam

Ziele

- Systematische Untersuchung der **Energieausbeute** (konventionelles PV System, PV+TEG System und Windrad)
- Pilotierung an **zwei Standorten** (Landesinneren, Küste)
 - CDI/UO Kombinationsprozess mit **Meerwasser**
 - In-situ Behandlung von Fe/As-haltigem **Grundwasser** als Vorbehandlung
 - Verknüpfung mit CDI Prozess
- Funktionsfähige Anlage im Dauerbetrieb



AP5: Entwicklung einer Bewertungsmethodik

Hintergrund

- Vielfältige **Auswirkungen** der Konzepte auf die **Gesellschaft** und der **Umwelt**
- Vorhandene Bewertungsverfahren sind nicht direkt auf vorliegende Situation (modulares Konzept, Technologien, Randbedingungen) anwendbar

Ziele

- Eine **angepasste Methodik** zur multidimensionalen Bewertung der Prozesse (im gesamten südostasiatischen Raum)
- **Identifikation** relevanter **Randbedingungen**
 - Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Aspekte
 - Ermittlung der Grenzen der Einsetzbarkeit
 - Abschätzung möglicher Auswirkungen
- **Übertragbarkeit** auf andere Regionen und Einsatzbereiche



AP6: Durchführung einer gesamthaften multidimensionalen Nachhaltigkeitsbewertung

Wesentliche Teilschritte

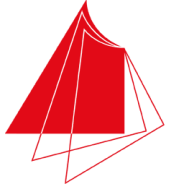
- Aufbereitung der für die Nachhaltigkeitsbewertung relevanten Ergebnisse aus den AP 1, 2, 3 und 4
- Zusätzliche Datenerfassung externer Einflussfaktoren, Dateninterpretation und Schließen von Datenlücken
- Bewertung basierend auf den zusammengetragenen Informationen bzgl. anlagenspezifischer Parameter und externer Randbedingungen



Bisherige Aktivitäten

1. Jahresquartal

- Kick- Off – Treffen in Karlsruhe
- Vorversuche mit CDI-Anlage mit Modellwasser (Brackwasser)
- Erste einfache 1D-Modellierung des CDI Prozesses mit Hilfe eines Simulationsprogramms
- Kick- Off – Treffen in Vietnam
 - Vorbereitungen für die ersten Pilotversuche mit Grundwasser
 - Identifikation von Anforderungsparameter für das Energiekonzept
 - Identifikation erster relevanter sozialer und ökonomischer Parameter vor Ort
 - Kennenlernen der vietnamesischen Partner



Kick-Off Treffen in Vietnam

- Untersuchungen arsenhaltiger und salzhaltiger Grundwasserquellen (Analyse des Grundwassers)
- Brunnen für landwirtschaftliche Zwecke (Bewässerung für kleine Plantagen, Shrimp-Farmen) und diverse Wasserversorgung (Schulen, Restaurants)





Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Projektpartner:



Assoziierte Partner:

