

Analyse der Kosten des Produktionswasserkreislaufes von Sonden in ausgewählten Erdöl- und Erdgasfeldern

Masterarbeit
von
Markus Hammer, BSc.



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 25. Februar 2015

Aufgabenstellung

Herrn **Markus Hammer** wird das Thema:

Analyse der Kosten des Produktionswasserkreislaufes von Sonden in ausgewählten Erdöl- und Erdgasfeldern

zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Der Fokus dieser Arbeit liegt in der Ermittlung der tatsächlichen Kosten, welche aufgrund des Produktionswassers in konkreten Erdöl- und Erdgasfeldern entstehen und beschäftigt sich detailliert mit der Kostentreiberidentifikation.

Im ersten Abschnitt der Masterarbeit sind die theoretischen Grundlagen zur Bearbeitung der beschriebenen Themenstellung herauszuarbeiten. Hierfür sind sowohl der technische Hintergrund des Produktionswassers, wie auch jene Methoden des betrieblichen Rechnungswesens, welche im Zuge der Arbeit zur Anwendung kommen werden, näher zu erläutern.

Der zweite Teil, welcher als praktischer Teil deklariert wird, muss sich anfangs mit der Erfassung des zu untersuchenden Systems befassen. Ein Excel-Tool ist zu entwickeln, welches das komplette Wasserkreislaufsystem abbildet und Informationen betreffend die Wassermengen und ihren Verursacher für jeden Punkt des Systems enthalten soll. Die Dynamisierung des Tools ist auf Massenbilanzen aufzubauen um einerseits die laufende Überprüfung und andererseits die Durchführung von Szenarien im System zu ermöglichen. Die anschließende Evaluierung aller relevanten Kosten in den Bereichen: Produktion, Transport, Aufbereitung und Injektion für den gesamten Betrachtungszeitraum muss die Basis der Kostenanalyse liefern. Die durch das Wasser verursachten Kosten sind, für jede einzelne Sonde in den unterschiedlichen Bereichen zu analysieren, umso eine Identifizierung der Kostentreiber zu ermöglichen. Im Zuge dieses Vorgehens sind Erkenntnisse hinsichtlich der Optimierungspotentiale für den Bereich Ost zu diskutieren und entsprechende Empfehlungen für das Unternehmen abzuleiten.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hubert Biedermann', is placed above the printed name.

Leoben, im Juni 2013

o.Univ.Prof. Dr. Hubert Biedermann

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Affidavit

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Sperrvermerk

Diese Masterarbeit enthält vertrauliche Firmendaten und ist daher auf Wunsch der Rohöl-Aufsuchungs Aktiengesellschaft (RAG) gesperrt. Veröffentlichung, Vervielfältigung oder Einsichtnahme sind ohne ausdrückliche Genehmigung der RAG und des Verfassers bis 01.01.2020 nicht gestattet.

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Danksagung

Diese Masterarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Rohöl-Aufsuchungs Aktiengesellschaft (RAG) und dem Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften an der Montanuniversität Leoben erarbeitet.

Mein allgemeiner Dank gilt dem Vorstand des Instituts für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften an der Montanuniversität Leoben, Herrn O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hubert Biedermann, für die Genehmigung dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt den Initiatoren und Betreuern dieser Arbeit, Herrn Dipl.-Ing. Christoph Janka und Herrn Dipl.-Ing. Andreas Schöbel, die die treibende Kraft hinter dem Projekt waren und ohne deren Unterstützung die Umsetzung nicht möglich gewesen wäre.

Seitens des Instituts für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften möchte ich mich herzlichst bei Frau Dipl.-Ing. Vassiliki Theodoridou bedanken, deren Erfahrung und Fachwissen einen unverzichtbaren Bestandteil für die Durchführung dieser Arbeit darstellte.

Mein spezieller Dank gilt meiner Familie und meiner Freundin, die mich während des gesamten Studiums unterstützt haben und ohne deren Rückhalt ich nicht so weit gekommen wäre.

"Das Wasser ist ein freundliches Element für den,
der damit bekannt ist und es zu behandeln weiß."

(Johann Wolfgang von Goethe, 1749 - 1832)

Kurzfassung

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Ermittlung der tatsächlichen Kosten, welche aufgrund des Produktionswassers in konkreten Erdöl- und Erdgasfeldern entstehen und beschäftigt sich detailliert mit der Kostentreiberidentifikation.

Es werden im ersten Teil, welcher als Theorieteil deklariert wird, sowohl der technische Hintergrund des Produktionswassers wie auch die Methoden des betrieblichen Rechnungswesens -welche im Zuge der Arbeit zur Anwendung kommen- näher erläutert. Der zweite Teil, welcher als praktischer Teil deklariert wird, befasst sich anfangs mit der Erfassung des Systems. Ein Excel-Tool wird entwickelt, welches das komplette Wasserkreislaufsystem abbildet und Informationen betreffend die Wassermengen wie auch ihren Verursacher für jeden Punkt des Systems beinhaltet. Die Dynamisierung des Tools basiert auf Massenbilanzen und ermöglicht einerseits die laufende Überprüfung und andererseits die Durchführung von Szenarien im System. Die Evaluierung der Kosten für den gesamten Betrachtungszeitraum erfolgt als nächstes. Dabei wird der gesamte Produktionswasserkreislauf in den Bereichen: Produktion, Transport, Aufbereitung und Injektion unterteilt. Die durch das Wasser verursachten Kosten werden, für jede einzelne Sonde in den unterschiedlichen Bereichen analysiert. Dies ermöglicht die Identifizierung der Kostentreiber. Letztere dienen wiederum, als Basis für die Ableitung möglicher Optimierungspotentiale, so dass die Arbeit mit konkreten Empfehlungen an das Unternehmen, abschließt.

Abstract

The focus of this thesis is to determine the actual costs caused by the water production in particular oil and gas fields and to identify the cost drivers.

The first part of this work, which is declared as the theoretical part, includes both the technical background of water production as well as methods of business accounting - which will be applied in this thesis. The second part, which is declared as the practical part, starts by capturing the current situation of the system in detail.

Excel is used to develop a tool which maps the complete water cycle system and includes information about amounts of water as well as their cause for each point of the system. This dynamic tool uses mass balances and allows on the one hand an ongoing control of the system and on the other the implementation of scenarios. The evaluation of costs for the entire period follows as next. The entire production water cycle is divided in the areas of: production, transport, treatment and injection. Costs caused by the water are analyzed for each well in all aforementioned areas. This allows the identification of cost drivers. Those serve as basis to derive possible optimizations and finally come out with specific recommendations for the company.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	ix
Abbildungsverzeichnis	xii
Tabellenverzeichnis	xiv
Abkürzungsverzeichnis	xv
1 Einleitung.....	1
1.1 Herangehensweise der Arbeit	2
2 Produktionswasser in der Öl- & Gasindustrie	6
2.1 Produktionswasser allgemein.....	6
2.1.1 Kategorien der Erdölgewinnung	8
2.1.2 Produktionswasser aus Mature Fields	10
2.1.3 Einflussfaktoren des Produktionswassers.....	10
2.2 Charakterisierung von Produktionswasser	11
2.2.1 Wesentliche Bestandteile des Produktionswassers	12
2.2.2 Produktionswasser aus Öl-Sonden	14
2.2.3 Produktionswasser aus Gas-Sonden.....	14
2.3 Strategien im Produktionswasser – Management (PWM)	15
2.3.1 Minimierung von Produktionswasser.....	17
2.3.2 Injektion.....	18
2.3.3 Einsatz von Separatoren zur Wasserbehandlung	19
2.3.4 Einsatz von Chemie in der Produktionswasserbehandlung	21
2.3.5 Zukünftige Herausforderungen für PWM.....	25
3 Betriebliches Rechnungswesen	26
3.1 Kostenbegriffe	27
3.2 Kostenmanagement	29
3.3 Kostenrechnungssysteme	31
3.3.1 Kostenartenrechnung.....	33
3.3.2 Kostenstellenrechnung.....	35
3.3.3 Kostenträgerrechnung.....	36
3.4 Kostenanalysen.....	37
3.4.1 Analyse der Kostensituation und Kostenstruktur.....	37
3.4.2 Analyse der Kostentreiber	41

3.4.3 Cluster Analyse	43
3.4.4 Formulierung und Implementierung von Maßnahmen.....	44
3.5 Kosten im Bereich Produktionswasser Management (PWM)	44
4 Praktischer Teil	48
4.1 Herangehensweise.....	48
4.1.1 Schematischer Aufbau des Wasserkreislaufs der RAG FBO-OST48	
4.1.2 Erstellung der Öl/Wasser-Mengenbilanz im RAG FBO-OST	54
4.2 Ermittlung der Kosten in den einzelnen Abschnitten	55
4.2.1 Kosten im Abschnitt Produktion	55
4.2.2 Kosten im Abschnitt Produktionswassertransport	56
4.2.3 Kosten im Abschnitt Aufbereitung	57
4.2.4 Kosten im Abschnitt Flutwassertransport	58
4.2.5 Kosten im Abschnitt Injektion	58
4.3 Wasserkreislauf am Beispiel der Sonde STHS-006B im Jahr 2011	59
4.4 Ergebnisse	60
4.4.1 Produktion.....	64
4.4.2 Produktionswassertransport.....	67
4.4.3 Aufbereitung (ZV).....	71
4.4.4 Klärbecken (ZV)	77
4.4.5 Flutwasser Transport	78
4.4.6 Injektion.....	82
4.5 Kostenverteilung der einzelnen Sonden	86
4.6 Teuerste Öl-Sonden	89
4.6.1 EN-005A	91
4.6.2 KE-001	93
4.6.3 OB-001.....	94
4.6.4 SAT-006.....	95
4.6.5 V-015C, V-030, V-033.....	96
4.7 Billigste Öl-Sonden.....	97
4.8 GAS-Produktion	99
4.8.1 Gasfeld LI-1	100
4.8.2 Gasfeld LI-S	101
4.8.3 Gasfeld OF-6	102
4.9 Optimierungspotentiale & Szenarien	103
4.9.1 Ersatz Fremdstrom durch Strom aus Eigenerzeugung	103

4.9.2 Wegfall der Sonden V-015C, V-030 & V-033	104
4.9.3 Wegfall der Injektoren SAT-018A & SAT-022	105
4.9.4 Einsparungspotential durch Verbesserung der Wasserqualität...	106
5 Empfehlungen	108
Literaturverzeichnis	110
Anhang.....	a

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wasserkreislauf RAG	2
Abbildung 2: Produktionswasser - Management Schema	3
Abbildung 3: Produktionswasser weltweit (1990-2015)	7
Abbildung 4: Schematische Darstellung der einzelnen Kategorien der Erdölgewinnung	9
Abbildung 5: Funktion eines Absetztanks	20
Abbildung 6: Teilbereiche des betrieblichen Rechnungswesens	26
Abbildung 7: Kostenrechnung, -controlling & -management	29
Abbildung 8: Kostenmanagement	30
Abbildung 9: Kostenrechnungssysteme	31
Abbildung 10: Ausprägung von Kostenrechnungssystemen	32
Abbildung 11: Rechenverfahren des internen Rechnungswesens	33
Abbildung 12: Kostenstrukturanalyse	39
Abbildung 13: Kostenzusammensetzung Produktionswasserkosten	40
Abbildung 14: Kostensenkung	41
Abbildung 15: Schematische Darstellung - Clusteranalyse	43
Abbildung 16: Wasserkreislauf RAG FBO-OST	48
Abbildung 17: Netzplan RAG FBO-OST	49
Abbildung 18: Beispiel für Wasserkreislauf	53
Abbildung 19: Ergebnis 2011	60
Abbildung 20: Ergebnis 2012	61
Abbildung 21: Ergebnis 2013	61
Abbildung 22: Gesamtkosten der einzelnen Sonden [€/m ³]	62
Abbildung 23: Gesamtkosten der einzelnen Sonden [€/m ³] – gefiltert	63
Abbildung 24: Kostenverteilung im Abschnitt Produktion	64
Abbildung 25: Kostenkurve im Abschnitt Produktion [€/m ³]	66
Abbildung 26: Verwässerung der einzelnen Sonden	67
Abbildung 27: Kostenverteilung im Abschnitt Produktionswassertransport	68
Abbildung 28: Kostenkurve im Abschnitt Produktionswassertransport [€/m ³]	69
Abbildung 29: Kosten [€] für Produktionswassertransport / Verwässerung	70
Abbildung 30: Kosten [€/m ³] für Produktionswassertransport / Verwässerung	70
Abbildung 31: Kostenverteilung im Abschnitt Aufbereitung (ZV)	71
Abbildung 32: Kostenkurve für die Aufbereitung (ZV) einzelner Sonden	72
Abbildung 33: Aufbereitung ZV - Kategorien	73
Abbildung 34: Aufbereitung ZV - Kosten	74
Abbildung 35: Chemieeinsatz RAG FBO-OST	76
Abbildung 36: Kostenverteilung im Abschnitt Klärbecken (ZV)	77
Abbildung 37: Kostenverteilung im Abschnitt Flutwassertransport	78

Abbildung 38: Kostenverteilung im Abschnitt Flutwassertransport - LKW Transport	79
Abbildung 39: Kostenverteilung im Abschnitt Flutwassertransport Leitungen	80
Abbildung 40: Flutwassertransport-Kosten einzelner Sonden.....	81
Abbildung 41: Kostenverteilung im Abschnitt Injektion	82
Abbildung 42: Gesamtkosten je Injektor [€/m ³].....	84
Abbildung 43: Kostenverteilung der einzelnen Injektoren	84
Abbildung 44: Kosten [€] und Mengen [m ³] pro Injektor	85
Abbildung 45: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (incl. AfA) [€].....	87
Abbildung 46: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (incl. AfA) [€/m ³].....	87
Abbildung 47: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (excl. Afa) [€]	88
Abbildung 48: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (excl. Afa) [€/m ³]	89
Abbildung 49: Kostenverteilung – Teuerste Sonden [€]	90
Abbildung 50: Kostenverteilung – Teuerste Sonden [€/m ³]	91
Abbildung 51: EN-005A.....	91
Abbildung 52: KE-001	93
Abbildung 53: OB-001	94
Abbildung 54: SAT-006	95
Abbildung 55: Gasproduktion (feldweise Betrachtung)	99
Abbildung 56: Gasfeld LI-1.....	100
Abbildung 57: Gasfeld LI-S	101
Abbildung 58: Gasfeld OF-6.....	102
Abbildung 59: Gesamtkostenverteilung [€] (2011-2013)	106
Abbildung 60: Kostenverteilung im Abschnitt Injektion.....	106

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittliche Wasserproduktion verschiedener Energiekonzerne	8
Tabelle 2: Kostenstrukturen	38
Tabelle 3: Flutwassertransportwege – RAG FBO-OST	51
Tabelle 4: Injektoren RAG FBO-OST	52
Tabelle 5: Verteilung – Gesamtkosten [€/m ³] - gefiltert	63
Tabelle 6: Sonden mit externer Stromversorgung.....	66
Tabelle 7: Kosten Chemie – RAG FBO-OST	76
Tabelle 8: Gesamtkosten der Anlieferungen aus externen Quellen	78
Tabelle 9: Flutwassertransport ZV nach HZW-001	79
Tabelle 10: Flutwassertransport Li1/LiS/OF6 nach HZG-001.....	79
Tabelle 11: Flutwassertransport EN-001 nach SIER-008.....	79
Tabelle 12: Kosten der einzelnen Injektoren	83
Tabelle 13: Teuerste Öl-Sonden	89
Tabelle 14: V-015C	96
Tabelle 15: V-030	96
Tabelle 16: V-033	96
Tabelle 17: Billigste Sonden.....	97
Tabelle 18: Mögliche Energiekostenoptimierung - Sonden	103
Tabelle 19: Mögliche Energiekostenoptimierung – Station SAT-SAT	104
Tabelle 20: V-015C, V-030, V-033 - Produktionsmengen	104
Tabelle 21: V-015C, V-030, V-033 - Erlöse	105
Tabelle 22: Wegfall SAT-018/022	105
Tabelle 23: Einsparungspotentiale durch Verbesserung der Wasserqualität	107

Abkürzungsverzeichnis

AfA	Absetzung für Abnutzung
bbI.	Barrel
BHKW	Blockheizkraftwerk
Bsp.	Beispiel
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol und die Xylole
bzw.	beziehungsweise
CEOR	Chemical Enhanced Oil Recovery
cP	Centipois
d	Tag
d.h.	das heisst
DHGWS	Downhole Gas Water Separator
Diss.	Dissertation
DOWS, DHOWS	Downhole Oil Water Separator
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EOR	Enhanced Oil Recovery
et al.	et alteri oder et alii = und andere
etc.	et cetera
EUR, €	Euro
f.	folgende Seite
FBO-OST	Fachbereich Ost
FeS	Eisen(II)-sulfid
ff.	folgende Seiten
FWT	Flutwassertransport
GoB	Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung
H ₂ S	Schwefelwasserstoff (Saugas)
Hrsg.	Herausgeber
hrsg.	herausgegeben
i.d.R.	in der Regel
IOR	Improved Oil Recovery
IT	Informationstechnik
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
LEP	Labor für Exploration und Produktion
LSI	Low Salinity Injection
MEOR	Microbial Enhanced Oil Recovery
MMm ³ /d	Millionen Kubikmeter pro Tag
MWh	Megawattstunde
NORM	Naturally Occurring Radioactive Material
NTA	Nitritotriessigsäure
O&G	Öl & Gas

o.V.	ohne Verfasserangabe
O/W	Öl / Wasser
OIW	Oil in Water
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
PW	Produktionswasser
PWM	Produktionswassermanagement
PWRI	Produktionswasser Re-Injektion
PWT	Produktionswassertransport
RAG	Rohöl-Aufsuchungs Aktiengesellschaft
S.	Seite
s.	siehe
SAGD	Steam Assisted Gravity Drainage
SAP	Systemanalyse und Programmentwicklung
SBH	Sondenbehandlung
TSS	Total Suspended Solids
usw.	und so weiter
V-Aufträge	Verbundaufträge
Verw.	Verwässerung
vgl.	Vergleiche
WOR	Water Oil Ratio
zit. nach	zitiert nach

Bezeichnungen der Stationen & Sonden (nach Felder)

BH	Bad Hall
BH-N	Bad Hall Nord
EB	Eberstalzell
EN	Engenfeld
HIER	Hiersdorf
HZG	Heitzing
KE	Kematen
Li1	Lindach 1
LiS	Lindach Süd
MDF	Mayersdorf
OB	Oberaustall West
OF6	Offenhausen 6
RA	Rappersdorf
SAT	Sattledt
SAT-SAT	Sattledt-Station
SIER	Sierning
STHS	Steinhaus
V	Voitsdorf
ZV	Zentrale Voitsdorf (Krift)

1 Einleitung

Der Grundgedanke von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Kostenmanagement liegt in der unterstützenden Funktion für die strategischen Unternehmensentscheidungen mit dem Hauptaugenmerk auf eine ökonomische Zielsetzung für das Unternehmen.¹ Aus dieser ökonomischen Sichtweise beschreibt Wirtschaftlichkeit das Verhältnis von monetär beurteilten Kosten zur gemessenen Leistung.² Für die Steigerung der Wirtschaftlichkeit ist es einerseits notwendig, die betriebliche Effektivität zu verbessern, was die allgemeine Aufgabe des strategischen Kostenmanagements darstellt. Zum anderen ist für eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit die Steigerung der Effizienz notwendig, was Gegenstand des operativen Controllings ist und dazu dient, die Wertschöpfung innerhalb gegebener Strukturen zu optimieren.³ Erst wenn die Problematik der Effektivität („die richtigen Dinge tun“) geklärt ist, kann die Thematik Effizienz („die Dinge richtig tun“) in Angriff genommen werden.⁴

Ein wesentlicher Bestandteil der Erdölproduktion ist der Einsatz von Maßnahmen zur sekundären Erdölgewinnung. Die Injektion des Flutwassers hat die Funktion zur Aufrechterhaltung des Lagerstättendrucks und damit zusammenhängend der Erhöhung des Ausbeutegrades der Lagerstätte.⁵ Die Verwässerung der Produktion kann in sogenannten „Mature Fields“ teilweise sogar über 95% und höher sein. Mit zunehmendem Alter des Feldes und dementsprechend hoher Verwässerung der Produktion wird das Wasser oftmals zum Hauptbestandteil der Produktion und stellt die Unternehmen vor große Herausforderungen im Zusammenhang mit Wassermanagement.⁶ Dient das geförderte Formationswasser dem Unternehmen in einem Flutwassersystem als Quelle für die Re-Injektion, bedarf es einer entsprechenden Behandlung des Wassers. Aus diesem Grund soll und muss das produzierte Formationswasser auch wirtschaftlich bewertet werden, da der Umgang mit den riesigen Mengen an Wasser in der Regel einen enormen Aufwand für das Management darstellt.

Diese Arbeit wurde von der RAG in Auftrag gegeben, um jene Kosten zu ermitteln, die durch das produzierte Formationswasser im gesamten Bereich Ost (FBO) entstehen. In diesem Bereich beträgt das Verhältnis von produziertem Wasser zu Öl 3:1. Das bedeutet: Im Durchschnitt beträgt der Anteil an produziertem Formationswasser 75% der gesamten Produktion, was die RAG vor erhebliche technische und finanzielle Herausforderungen stellt, um diese enormen Mengen an Wasser zu bewältigen. Es gibt in der RAG im Bereich OST (FBO-OST) mehrere Wasseraufbereitungs- und Injektionssysteme-

¹ Vgl. Feldhusen und Gebhardt (2008) S. 245f

² Vgl. Kletti (2007), S. 177

³ Vgl. Dellmann und Pedell (1994), S.25ff

⁴ Vgl. Drucker und Maciariello (2008), S.32f

⁵ Vgl. Arnold et al. (2004), S.27

⁶ Vgl. Halliburton 2014b

me. Jedes ist in seiner Bauart und Betriebsweise und der Beschaffenheit der Injektorsonden unterschiedlich. Im Bereich OST schwankt der Grad an Verwässerung der einzelnen ÖL Sonden sehr und kann zwischen Reinölsonden, deren Verwässerung vernachlässigbar ist bis hin zu Sonden mit starker Verwässerung bis 99% variieren.

1.1 Herangehensweise der Arbeit

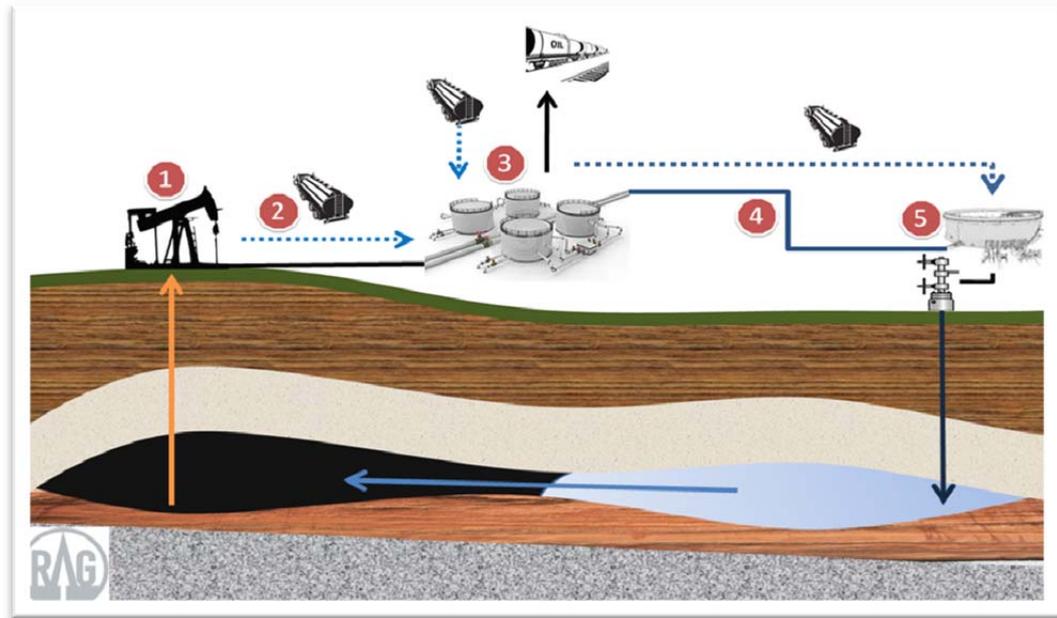


Abbildung 1: Wasserkreislauf RAG⁷

Abbildung 1 zeigt den Weg des produzierten Formationswassers, der in fünf signifikante Abschnitte unterteilt werden kann – **(1)** Produktion, **(2)** Produktionswasser Transport (PWT), **(3)** Behandlung/Aufbereitung (ZV), **(4)** Flutwasser Transport (FWT) und **(5)** Injektion. Dieses Schema kann auf den gesamten Bereich OST, wenn auch teilweise abgewandelt, angewendet werden und bringt uns in die Lage den gesamten Sondenbestand, basierend auf diesen fünf Abschnitten, zu analysieren.

Im Rahmen der Arbeit sollen die gesamten, auf das Wasser zurückzuführenden, Kosten in den Bereichen Produktion, Transport, Aufbereitung und Injektion betrachtet, analysiert und ausgewertet werden. Diese Analysen sollen für alle Sonden im gesamten Betrachtungszeitraum durchgeführt werden, wodurch dann in einer abschließenden Kostenanalyse ausführlich auf die Zusammensetzung der Kosten eingegangen und das Optimierungspotential, sofern vorhanden, erarbeitet werden soll.

Eine integrierte technische und betriebswirtschaftliche Herangehensweise an die Produktionswassermanagement-Thematik beginnt mit der grundsätzlichen Identifikation des vorhandenen Wasserkreislaufs (s. Abbildung 1), gefolgt von einem daraus

⁷ Quelle: Eigene Darstellung

abgeleiteten Prozessschema (s. Abbildung 2). Der Prozess beinhaltet grundsätzliche Überlegungen in mehreren Bereichen:

- Verständnis der Triebmechanismen des Wassers in der Lagerstätte
- Identifikation der Mechanismen in den Produktionssonden
- Aufdecken der Engpässe in den Produktionsanlagen
- Analyse der Wasser-Beseitigung bzw. Re-Injektion

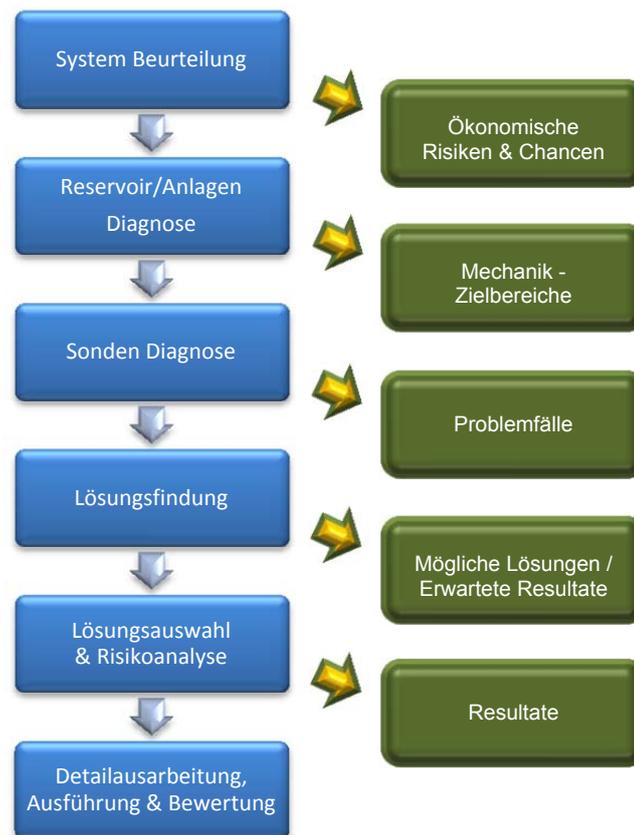


Abbildung 2: Produktionswasser - Management Schema⁸

Alle, in Abbildung 1 erkennbaren, Elemente des Wasserkreislaufs interagieren miteinander und beeinflussen sich gegenseitig. Beispielsweise kann eine Reduktion der Injektionskapazität eines Injektors durch schlechte Wasserqualität aufgrund von unzureichender Behandlung in den Anlagen hervorgerufen werden oder ein zu geringes Produktionsvolumen führt zu einem Engpass in den benötigten Wassermengen für die Re-Injektion. Ein genaues Verständnis jedes einzelnen Elements ist also entscheidend, um eine optimale Lösung für das vorhandene System zu finden. Sobald die Analysen der jeweiligen Elemente erfolgt ist, müssen die einzelnen Ergebnisse in ein Gesamtergebnis für das bestehende System (s. Abbildung 2) zusammengeführt werden. Daraus gewonnene Erkenntnisse können sowohl auf einzelne Sonden, als auch auf gesamte

⁸ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Flores et al. (2008), S. 4f

Prozesse im System angewendet werden, um weiterführend geeignete Lösungsansätze für die vorherrschenden Probleme zu entwickeln. Management-Ziele umfassen grundsätzlich folgende Punkte:

- Reduktion der Kosten für PW durch Reduktion der Mengen oder Betriebskosten
- Reduktion der Umweltauswirkungen durch PW
- Steigerung der Kohlenwasserstoffgewinnung an den einzelnen Injektoren/Feldern durch geringere Wasserproduktion und/oder die Überwindung der Engpässe in den Produktionsanlagen
- Steigerung der förderbaren Reserven durch Effizienzsteigerung

Für diese Arbeit ist nur der erste Punkt von Relevanz. Die wesentlichen Eckpunkte des Produktionswassermanagements (PWM), sind nachfolgend angeführt:

- **Lagerstätte**

In allen Feldern, unabhängig der produzierten Menge an Formationswasser, die über einen aktiven Aquifer oder eine Flutanlage verfügen, kann Wasser sowohl nützlich als auch unerwünscht sein. In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, zwischen „gewinnbringendem“ und „gewinnminderndem“ Wasser zu unterscheiden. Als „gutes“ Wasser wird jenes bezeichnet, welches zu einer erhöhten Ölproduktion führt, wobei die zusätzliche Produktion die Kosten für das Wasser deckt. Dies geschieht, wenn sich der Grad der Verwässerung (Water Oil Ratio - WOR) unter einem kritischen Wert befindet. Dieser kritische Wert kann ermittelt werden, indem man die Erträge pro Kubikmeter Öl durch die Betriebskosten (inklusive Förderung, Behandlung, Transport und Verpumpen) von einem Kubikmeter Wasser dividiert. Jeder Kubikmeter produzierten Wassers über diesem kritischen Wert muss als „schlechtes“ Wasser angesehen werden, da es Kosten verursacht.⁹

- **Produktionssonden**

Im Zusammenhang mit PWM richtet sich das Augenmerk in diesem Punkt auf den Zufluss des Wassers in das Bohrloch. Sollte das, wie oben erwähnte, schlechte Wasser vorhanden sein, bestehen verschiedene Möglichkeiten, diesen Zufluss einzudämmen. Fortführende, genaue Analysen führen hier zu effektiven Resultaten.

- **Anlagen & Transport**

Der Bereich Anlagen in einem funktionierenden PWM konzentriert sich auf mögliche Probleme im Aufbau und der Dimensionierung der Produktions- und Behandlungseinrichtungen. Hierbei wird auch der Transport (Leitungen, LKW) von den einzelnen Produktionssonden zu den Anlagen und weiter zu den Injektorsonden analysiert und gegebenenfalls optimiert.

⁹ Vgl. Bailey et al. (2000), S.33f

- **(Re-)Injektion & Beseitigung**

Der Teilbereich Injektion hängt teilweise sehr stark mit dem Bereich Lagerstätte zusammen, womit sich auch der Kreis wieder schließt. Zusätzlich zu den Problemen, die im Bereich der Lagerstätte für die Produktion anfallen, können explizit für Injektorsonden zusätzliche Herausforderungen für die Betreiber entstehen:

- Beschädigungen des Pumpequipments der Injektoren und Formation aufgrund von unzureichender Wasserqualität
- Versäuerung der Formation durch H₂S
- Strukturbrüche in der Formation aufgrund von zu hohem Injektionsdruck^{10 11}

¹⁰ Vgl. Flores et al. (2008), S.2ff

¹¹ Vgl. Navarro (2007), S.1ff

2 Produktionswasser in der Öl- & Gasindustrie

2.1 Produktionswasser allgemein

Produktionswassermanagement stellt eine komplexe techno-ökonomische Herausforderung für die Öl- und Gasindustrie dar, die ein Grundverständnis der technischen Zusammenhänge voraussetzt, um eine ökonomische Bewertung durchzuführen um in weiterer Folge Strategien im Umgang mit Produktionswasser zu entwickeln.¹²

Die Literatur bietet mehrere Definitionen für den Begriff Produktionswasser. Einfach ausgedrückt ist Produktionswasser jenes Wasser, welches, in Gegenwart von Kohlenwasserstoffen, an die Oberfläche gefördert wird.¹³ Dieses Wasser, das in denselben Formationen wie Öl und Gas zu finden ist, wird aus diesen unterirdischen Formationen im Zuge der verschiedenen Phasen der Erdöl- und Erdgasgewinnung an die Oberfläche gefördert.¹⁴ Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wassers variieren sehr stark und hängen von mehreren Faktoren ab, von denen die geographische Lage der Bohrung, die geologische Formation und die Art der Kohlenwasserstoffe den signifikantesten Einfluss haben. Ein weiterer Einflussfaktor, der im Zusammenhang mit Produktionswasser keinesfalls vernachlässigt werden darf, ist die Phase der Erdölgewinnung, da sich sowohl Eigenschaften als auch Mengen des Produktionswassers im Verlauf der Zeit ändern. Dieses Wasser kann Formationswasser, bereits früher injiziertes Wasser, und diverse Chemikalien, die während des gesamten Produktionsprozesses verwendet wurde, enthalten.¹⁵

Das an die Oberfläche geförderte Formationswasser ist mengenmäßig das größte Abfallprodukt der öl- & gasproduzierenden Industrie und ein nicht zu vernachlässigender Teil der gesamten Kohlenwasserstoffgewinnung. Es ist eine Mischung aus verschiedenen organischen und anorganischen Bestandteilen und damit zusammenhängend auch ein ernstes Thema in Umweltschutzüberlegungen.¹⁶ Obwohl jedes Wasser, das in der Gegenwart von Kohlenwasserstoffen mitproduziert wird, als Produktionswasser bezeichnet wird, hängen die Eigenschaften des Wassers grundsätzlich davon ab, ob es sich um eine Öl- oder Gas Sonde handelt.¹⁷

Übermäßige Wasserproduktion ist auch ein Hauptgrund für die Stilllegung von Öl- und Gassonden, obwohl große Mengen an Öl und Gas in den Lagerstätten noch vorhanden sind. Grund dafür ist der enorme Anstieg der Kosten, aufgrund von Investitionen in die

¹² Vgl. Theodoridou (2013), S.112

¹³ Vgl. Dores et al. (2012), S.2

¹⁴ Vgl. Clark und Veil (2009), S.13

¹⁵ Vgl. Drewes et al. (2011), S.2

¹⁶ Vgl. SPE White Paper (2011), S.1

¹⁷ Vgl. Kuraimid (2013), S.2

Anschaffung und die Aufrechterhaltung der im Betrieb befindlichen Anlagen.¹⁸ Die weltweite Wasserproduktion liegt nach Schätzungen zwischen 220 und 225 Millionen Barrel pro Tag (ca. 35 Millionen m³). Bei Betrachtung der weltweiten Ölproduktion von 80 Millionen Barrel täglich (ca. 14 Millionen m³), wird die Bedeutung des PWM in der heutigen Petro Industrie mehr als deutlich.¹⁹ Abbildung 3 zeigt die weltweite Entwicklung des Produktionswassers im Zeitraum von 1990 bis 2015.

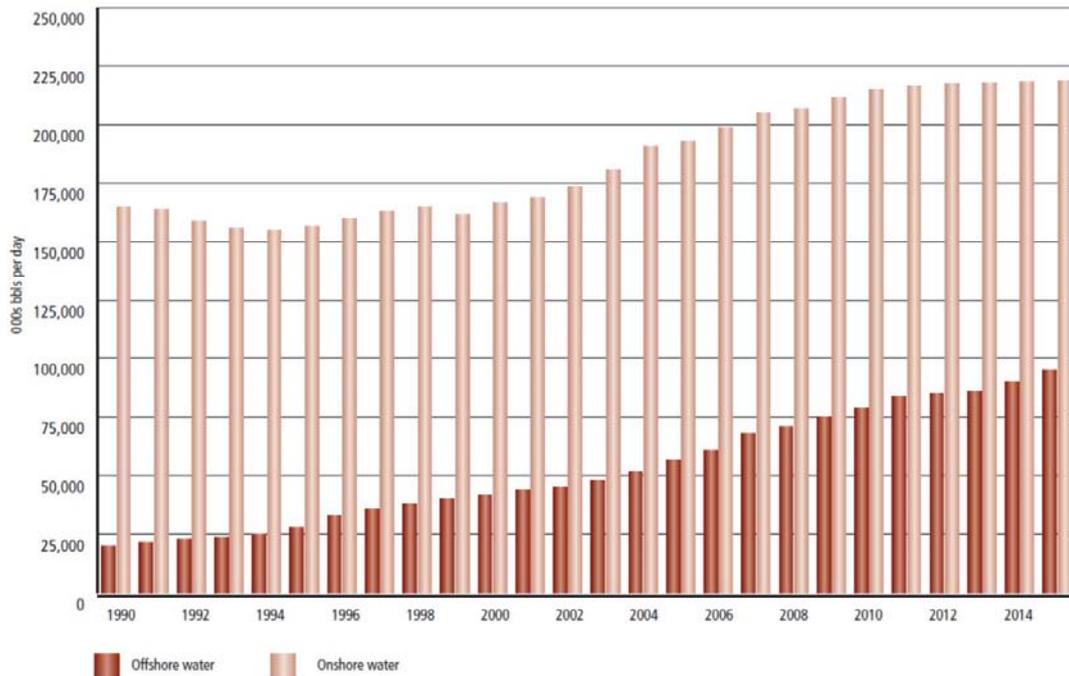


Abbildung 3: Produktionswasser weltweit (1990-2015)²⁰

Die Kosten für den Umgang mit dem PW haben folglich einen erheblichen Einfluss auf die Profitabilität der einzelnen Sonden und führen oftmals auch zu deren Stilllegung. Aufgrund von veröffentlichten Daten, lässt sich ein eindeutiger Trend zu immer höheren Volumina an Wasser festmachen. Dieser Trend ist vor allem auf die Alterung von vielen Ölfeldern zurückzuführen. Diese Steigerung des Wasseranteils in der Produktion für Öl- und Gassonden ist für sogenannte Mature Fields charakteristisch.²¹ Tabelle 1 zeigt die Wasserproduktion einiger ausgewählter Energiekonzerne und den Anteil, der zum Zwecke der sekundären Erdölgewinnung verwendet wird.

¹⁸ Vgl. Khatib und Verbeek (2002), S.1

¹⁹ Vgl. Fakhru'l-Razi et al. (2009), S. 532

²⁰ Quelle: Dal Ferro und Smith (2007), S.1

²¹ Vgl. Dores et al. (2012), S.2

Konzern	Jahr	Durchschnittliche Ölproduktion [MMm ³ /d]	Durchschnittliche Wasserproduktion [MMm ³ /d]	WOR	Nutzung des PW
Shell	2006	0,16	0,38	2,4	70% re-injiziert
Petrobras	2007	0,32	0,46	1,5	90% re-injiziert
BP	2004	0,27	0,78	2,9	78% re-injiziert
Total	2006	0,24	0,22	0,9	40% re-injiziert
Statoil	2005	0,12	0,3	2,5	50% Offshore Entsorgung
Chevron (UK)	2006	0,01	0,03	2,6	Keine Angaben

Tabelle 1: Durchschnittliche Wasserproduktion verschiedener Energiekonzerne²²

2.1.1 Kategorien der Erdölgewinnung

Traditionell werden vier Begriffe zur Klassifizierung der Erdölgewinnung, gemäß des Produktionsverfahrens oder der Zeit, verwendet (s. Abbildung 4). Als primäre Erdölgewinnung bezeichnet man die Produktion von Kohlenwasserstoffen durch natürlich vorhandene Mechanismen in der Lagerstätte, ohne weitere Unterstützung durch die Injektion von Flüssigkeiten wie Wasser oder Gas. Grundsätzlich sind diese natürlichen Mechanismen relativ ineffizient und führen zu einer dementsprechend niedrigen Gesamtproduktion. Aus diesem Grund werden zusätzliche Methoden zur Unterstützung der natürlichen Mechanismen eingesetzt, von denen die Nutzung von diversen künstlichen Fördersystemen oder die Injektion von Wasser die weitverbreitetsten Methoden darstellen. Diese, sogenannte sekundäre Erdölgewinnung, bezieht sich auf die zusätzliche Produktion, die aus diesen Verfahren resultiert.²³ Als tertiäre Erdölgewinnung (Improved Oil Recovery, IOR) werden jene Methoden bezeichnet, die eingesetzt werden, um eine Verbesserung des Zuflusses der Kohlenwasserstoffe von der Lagerstätte zum Bohrloch zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang werden ebenfalls jene Methoden erwähnt, die eingesetzt werden, nachdem primäre und sekundäre Gewinnungsverfahren das ökonomische Limit erreicht haben.²⁴ Als erweiterte Erdölgewinnung (Enhanced Oil Recovery, EOR), wird in der Regel die Injektion aller Stoffe bezeichnet,

²² Vgl. Khatib (2007), S.4ff

²³ Vgl. Ahmed (2010), S.909f

²⁴ Vgl. Alvarado und Manrique (2010), S.9

die unter natürlichen Verhältnissen nicht in der Lagerstätte vorhanden sind. Hierbei kommen Techniken zum Einsatz, die unter anderem mit der Injektion von Gas, Dampf oder mikrobiologischen (MEOR) und chemischen Stoffen (CEOR) arbeiten.²⁵ Es gibt in der Öl- und Gasindustrie einen zunehmenden Trend zur Nutzung von Improved and Enhanced Oil Recovery (IOR/EOR) Techniken. Viele dieser Techniken beinhalten einen erheblichen Aufwand für die Aufbereitung von Wasser, wie beispielsweise *Low Salinity Injection* (LSI), *Chemical EOR* (CEOR) und *Steam-Flooding* (SAGD).²⁶ Derzeit wird ca. 70% der weltweiten Ölproduktion aus Mature Fields gewonnen. Bei steigenden Ölpreisen steigt auch die Anzahl der potentiell rentablen Ölfelder und somit der Einsatzbereich von IOR/EOR.²⁷ Aufgrund dieser innovativen und effizienten Technologien, lässt sich heutzutage ein Förderpotential von über 50% für Öl und über 80% für Gas erreichen.²⁸

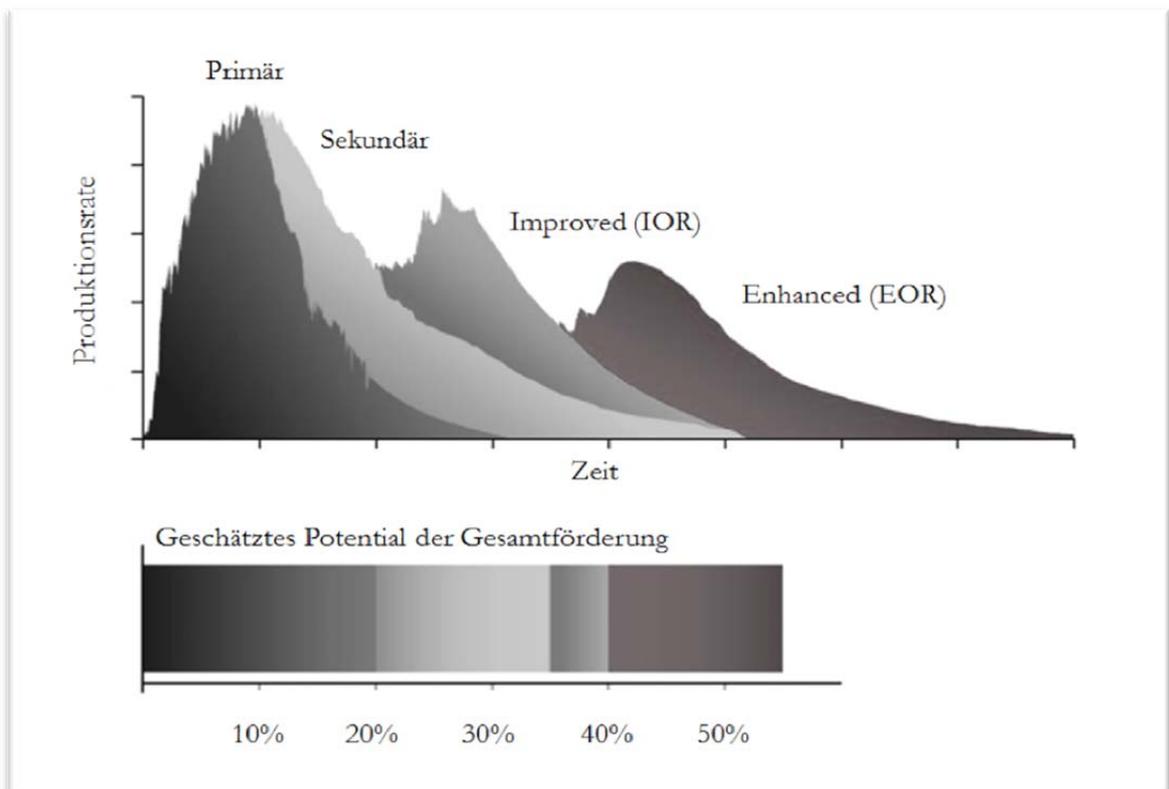


Abbildung 4: Schematische Darstellung der einzelnen Kategorien der Erdölgewinnung²⁹

²⁵ Vgl. Lake (1989), S.1

²⁶ Vgl. Llano et al. (2013), S.6ff

²⁷ Vgl. Wang et al. (2002), S.1

²⁸ Vgl. Rückheim et al. (2005), S.1

²⁹ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Halliburton 2014a

2.1.2 Produktionswasser aus Mature Fields

Ölfelder, die nach einer gewissen Periode ihr Produktionsmaximum erreichen und bei denen ein Rückgang der Produktion zu verzeichnen ist, werden Mature Fields genannt.³⁰ Diese Mature Fields, auch Brownfields genannt, leisten mittlerweile weltweit den Hauptbeitrag zur Ölproduktion, erfordern aber eine kontinuierliche Betreuung und Optimierung, um technisch optimal und wirtschaftlich vorteilhaft betrieben werden zu können.³¹ In den Anfangsstadien der Förderung eines Feldes wird vorwiegend Öl produziert, was sich aber im Verlauf der Alterung des Feldes signifikant ändert.³² Im Laufe des Betriebs beginnen diese Felder immer größere Mengen an Wasser zu produzieren. Damit zusammenhängend sind Faktoren wie der Einfluss von Aquifern und/oder die zusätzliche Wassereinjektion als Triebkraft für die Produktion, zu beachten. Die enormen Mengen an produziertem Wasser stellen eine vordergründige Gefahr für die Rentabilität dieser Brownfields dar. Schätzungen zur Folge beläuft sich die weltweite Verwässerung bei 75%. Das heißt, dass Öl- und Gasproduzenten weltweit für jeden Kubikmeter Öl drei Kubikmeter Wasser aus den Lagerstätten produzieren müssen. Bei derart hohen Mengen an Wasser und anhaltendem Trend, könnte man die meisten Öl- und Gasunternehmen eher als „Wasserproduzenten“ deklarieren. Exzessive Mengen an produziertem Wasser reduzieren die Produktivität der einzelnen Felder und zwingen den Betreiber zu bedeutenden Investitionen in Systeme zur Vermeidung, Behandlung und Beseitigung des Wassers. Aus diesem Grund ist Wasser Management heutzutage ein bedeutender Kostenfaktor in den Überlegungen der Unternehmensführungen.³³ In vielen Mature-Fields ist die Produktion von Öl, Gas und dem damit zusammenhängenden Wasser abhängig von den Produktions- und Behandlungsanlagen. Die optimale Nutzung dieser Anlagen ist der Schlüssel für eine Reduktion der auftretenden Kosten.³⁴ Der effiziente Umgang mit Wasser in der Planung und Umsetzung sind für die Ö&G Industrie besonders in Anbetracht der immer weiter alternden Felder von großer Bedeutung.³⁵

2.1.3 Einflussfaktoren des Produktionswassers

Aufgrund der wachsenden, auch ökonomischen, Bedeutung, die das Produktionswasser in der Öl- & Gasindustrie für die Betreiber darstellt, ist eine Optimierung des PWM ein entscheidender Faktor. Durch die enormen Mengen an Produktionswasser und die damit zusammenhängenden Behandlungskosten sind die Einflussfaktoren für den Umfang des Produktionswassers entscheidend für ein wirkungsvolles PWM. Die wichtigsten Faktoren sind wie folgt:

³⁰ Vgl. Babadagli (2007), S.222

³¹ Vgl. Ondracek und Liebl (2009), S.1; Theodoridou (2013), S.111f.

³² Vgl. Souza et al.(2005), S.3

³³ Vgl. Du et al. (2005), S.2f

³⁴ Vgl. Wang et al. (2002), S.1

³⁵ Vgl. Wyness et al. (2014), S.6

- **Die Art der Bohrung** – Horizontale Bohrungen können, bei gleicher Absenkung des Lagerstättendrucks, mehr Wasser produzieren als vertikale Bohrungen.
- **Lage der Bohrung innerhalb der Formationsstruktur** – Eine unpassende getätigte oder platzierte Bohrung kann in einer höheren oder früheren Wasserproduktion resultieren.
- **Art der Komplettierung** – Eine Perforation bietet eine bessere Möglichkeit der Kontrolle der kohlenwasserstoffführenden Schichten durch die Steigerung der Kohlenwasserstoffproduktion oder Minimierung der Wasserproduktion.
- **Art der Behandlungs- und Separationsanlagen** – Separation und Behandlung an der Oberfläche sind die gängigsten Methoden des PWM, jedoch erfordern diese Maßnahmen Kosten für die Förderung des Wassers an die Oberfläche, sowie Kosten für Anlagen und Chemikalien zur Behandlung. Mögliche Auswirkungen durch Korrosion und Bakterienwachstum müssen ebenfalls in Betracht gezogen werden. Eine Alternative zur Oberflächenbehandlung bietet die unterirdische Separation, um das Wasser im Bohrloch zurückzulassen und einen Großteil der Folgekosten zu vermeiden.
- **Wasserfluten für sekundäre Ölproduktion**– Die Hauptaufgabe des Wasserflutens ist die Aufrechterhaltung des Lagerstättendrucks zur Steigerung der Ölproduktion. Sobald die Wasserfront das Bohrloch erreicht, steigt die Wasserproduktion stark an. Oftmals werden diese Sonden, deren Verwässerung bei fast 100% liegt, geschlossen oder in Injektionssonden umgewandelt.
- **Unzureichendes Produktionswasser-Volumen** – Wenn nicht genügend Produktionswasser für den Betrieb der Flutanlagen vorhanden ist, müssen zusätzliche Mengen an Wasser zu Verfügung gestellt werden. Um Wasserfluten erfolgreich und effizient durchführen zu können, muss das injizierte Wasser die nötige Qualität aufweisen, um die Lagerstätte nicht zu beschädigen.
- **Verlust der mechanischen Integrität** – Aufgrund von Korrosion oder Abnutzung der Casing-Verrohrung entstandene Löcher führen zu einem ungewollten Eindringen von Formations- oder Grundwasser in das Bohrloch und damit zusammenhängend dessen Förderung an die Oberfläche.³⁶

2.2 Charakterisierung von Produktionswasser

Wie in Kapitel 2.1 erwähnt, hängen die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Produktionswassers stark von der geographischen Lage, der geologischen Formation, aus der die Kohlenwasserstoffe produziert werden und natürlich der Art der Kohlenwasserstoffe selbst, ab. Für jene Standorte, an denen sogenanntes Flutwasser zur Aufrechterhaltung des Lagerstättendrucks und damit zusammenhängend der Steigerung der Kohlenwasserstoffgewinnung dient, variieren sowohl die Eigenschaften als

³⁶ Vgl. Veil et al. (2004), S.18f

auch die Mengen an Formationswasser über die Zeit aufgrund der zusätzlichen Mengen an injiziertem Wasser stark.³⁷

2.2.1 Wesentliche Bestandteile des Produktionswassers

Dieser Abschnitt beschreibt die wesentlichen Bestandteile des Produktionswassers und die damit zusammenhängenden Bedeutung für die Qualität des Wassers. Organische Bestandteile sind im Produktionswasser entweder fein verteilt oder gelöst und umfassen Öl, Fette und eine Vielzahl von gelösten Stoffen.

- **(Verteiltes) Öl** ist, aufgrund der potenziell umweltbelastenden Wirkung am Ort der Beseitigung, ein wesentlicher Abfallstoff und besteht aus kleinen Tropfen in flüssiger Phase. Kommt dieses in Kontakt mit der Umwelt, so können die Auswirkungen dramatisch sein und erhebliche Schäden verursachen. Die Einflussfaktoren für die Konzentration des vorhandenen Öls im Produktionswasser umfassen die Dichte des Öls, Oberflächenspannung zwischen Öl und Wasser, Art und Effizienz der chemischen Behandlung und Art, Größe und Effizienz der Separator-Einrichtungen. Lösliche organische Stoffe und Chemikalien im Produktionswasser reduzieren die Oberflächenspannung zwischen Öl und Wasser.³⁸ Separatoren sind bei kleinen Tropfen und Emulsionen relativ ineffizient.³⁹
- **Gelöste oder lösliche organische Stoffe** werden unter anderem durch pH Wert und Temperatur beeinflusst. Natürlich vorkommende Kohlenwasserstoffe im Produktionswasser umfassen organische Säuren, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs), Phenole und flüchtige Bestandteile, die zur Toxizität des Produktionswassers beitragen.⁴⁰ Gelöste organische Bestandteile sind schwer aus dem Produktionswasser zu entfernen und oftmals ein typisches Abfallprodukt, welches re-injiziert wird. Die Konzentration der organischen Bestandteile im Produktionswasser steigt mit sinkendem Molekulargewicht der Komponenten. Leichtere Bestandteile wie BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und die Xylole) oder Naphthalen werden durch die Öl/Wasser-Separation schlechter abgetrennt als Komponenten mit höherem Molekulargewicht wie PAHs. Natürlich vorkommende, flüchtige Kohlenwasserstoffe im Produktionswasser kommen in höherer Konzentration an Gas-Sonden als an Öl-Sonden vor. Organische, stark lösliche Komponenten des Produktionswassers bestehen aus Karboxylsäuren mit geringem Molekulargewicht (C₂-C₅), Ketonen und Alkoholen. Komponenten mit mittlerem bis hohem Molekulargewicht (C₆-C₁₅) sind im Produktionswasser nur teilweise und in geringerer Konzentration gelöst und schwer zu entfernen. Aufgrund der geringen Konzentration werden diese bevorzugt durch Re-Injektion beseitigt. Diese Komponenten beinhalten

³⁷ Vgl. Clark und Veil 2009), S.14

³⁸ Vgl. Veil et al. (2004), S.6

³⁹ Vgl. Arthur et al. (2005), S.5

⁴⁰ Vgl. Khalilpour (2014), S.2

aliphatische und aromatische Karboxyl-Säuren und Kohlenwasserstoffe bzw. Phenole und sind für die Umwelt hoch belastend und können krebserregend wirken.

- **Chemikalien in der Behandlung** treten nicht natürlich auf, stellen aber den Hauptgrund für die Toxizität des Produktionswassers dar (s. Kapitel 2.2.2 & 2.2.3)
- **Feststoffe**, die im Produktionswasser transportiert werden umfassen Sand, Ton, Karbonate, Lehm, korrodiertes Material und andere Feststoffe, die im Zuge der Produktion anfallen. Je nach Menge können diese von vernachlässigbar bis stark beeinträchtigend für die Produktionseinrichtungen sein. Feinkörnige Feststoffe können die Abtrennungseffizienz in Öl/Wasser Separatoren beeinflussen und die Wasserqualität stark beeinträchtigen.
- **Kalkablagerungen** können sich, aufgrund von Druck- und Temperaturänderungen während der Produktion, in übersättigtem Wasser bilden und umfassen Kalziumkarbonat, Kalziumsulfat, Bariumsulfat, Strontiumsulfat und Eisensulfat. Kalkablagerungen können Leitungen und Düsen verstopfen und ölige Rückstände bilden, die entfernt werden müssen. Zusätzlich können sie Emulsionen bilden, die schwer zu spalten sind.
- **Bakterien** können in Leitungen und Equipment Verstopfungen bilden welche nur schwer entfernt werden können. Zusätzlich kann Hydrogensulfid gebildet werden, welches als Gas toxisch wirkt und zu Korrosion führen kann.
- Die Konzentration von **Metallen** im Produktionswasser hängt vom Alter des Feldes und der geologischen Formation ab, aus der das Produktionswasser gefördert wird, wobei es keinen Zusammenhang zwischen der Konzentration der Metalle im Rohöl und im Produktionswasser gibt. Typische Metalle im Produktionswasser sind Zink, Blei, Mangan, Eisen und Barium. Metalle verursachen auch Probleme in der Produktion wie beispielsweise die Reaktion von Eisen mit Sauerstoff, was zur Bildung von Ablagerungen führt, welche einerseits Anlage-teile (z.B. Hydrozyklone) in ihrer Funktionsweise beeinträchtigen können und andererseits die Formation bei der Re-Injektion verstopfen können.
- Der **pH-Wert** beeinflusst die Öl/Wasser Separation und kann, bei stark reduziertem Wert, diesen Prozess stören. Viele Chemikalien, die für die Entfernung von Kalkablagerungen verwendet werden, sind säurehaltig.
- Die Konzentration von **Sulfaten** kontrolliert die Löslichkeit von etlichen anderen Elementen wie beispielsweise Barium und Kalzium.
- **Natürlich vorkommendes, radioaktives Material (NORM)** hat seinen Ursprung in geologischen Formationen und kann durch das Produktionswasser zur Oberfläche gebracht werden. Die gängigsten NORM Bestandteile in Produktionswasser sind Radium-226 und Radium-228 aus dem Zerfall von Uran und Thorium in gewissen Lehm- und Tonsteinen in Formationen der Lagerstätten. Nach der zu Tageförderung des Wassers, führen Druck- und

Temperaturänderungen zur Ausfällung von radioaktiven Ablagerungen, die sich in den Separationseinrichtungen festsetzen können.^{41 42 43}

2.2.2 Produktionswasser aus Öl-Sonden

Produktionswasser aus Öl-Sonden enthält, als Ergänzung zu den natürlich auftretenden Komponenten, Wasser aus der Injektion, welches zur Aufrechterhaltung des Lagerstättendrucks und damit zur Steigerung der Produktion, dient. Dieses Wasser enthält Chemikalien aus Bohr- und Produktionsprozessen, Feststoffe und Bakterien. Chemikalien aus der Aufbereitung weisen oftmals eine sehr komplexe Zusammensetzung auf und können folgende Komponenten umfassen:

- **Korrosionsinhibitoren und Sauerstoffabsorber** zur Reduktion der Korrosion der Anlagen
- **Kalkinhibitoren** für die Eingrenzung von mineralischen Kalkablagerungen
- **Biozid** zur Minimierung von Bakterienwachstum
- **Emulsionsbrecher** in Separatoren und Slope-Öl-Klärbecken um Wasser-in-Öl Emulsionen bzw. Öl-in-Wasser Emulsionen aufzuspalten
- **Flockungsmittel, Fällungsmittel und Klärmittel** um Feststoffe abzutrennen
- **Lösungsmittel** um Paraffinablagerungen zu reduzieren (Paraffininhibitoren)

Diese Chemikalien verändern mit zunehmendem Einsatz die Zusammensetzung des Wassers, die Toxizität und biologische Abbaubarkeit.⁴⁴

2.2.3 Produktionswasser aus Gas-Sonden

Produktionswasser aus der Gasproduktion hat andere Eigenschaften als Produktionswasser aus der Ölproduktion. Das PW wird vom Gas während des Produktionsprozesses abgetrennt. Neben dem Formationswasser, beinhaltet das Produktionswasser in diesem Fall auch Kondenswasser, welches in der Lagerstätte noch in der Dampfphase und im Produktions-Separations-Prozess in flüssigem Zustand befindet. Produktionswasser aus Gas-Sonden enthält auch einen größeren Gehalt an aromatischen Kohlenwasserstoffen mit niedrigem Molekulargewicht wie Benzen, Toulon, Ethyl Benzen und Xylen (BTEX) und kann bei entsprechend hohem Anteil gesundheitsschädliche Wirkungen haben. Chemikalien, die in diesem Zusammenhang eingesetzt werden sind:

⁴¹ Vgl. Veil et al. (2004), S.16ff

⁴² Vgl. Horner et al. (2013), S.5ff

⁴³ Vgl. Neff und Hagemann (2007), S.4

⁴⁴ Vgl. Dubay (2012), S.2f

- **Chemikalien zur Trocknung und Entfernung von Schwefelwasserstoff (H₂S)**
- **Schäumer & Entschäumer** zur Entfernung von Wasser aus Gassonden (teilweise in Form von Sticks)
- **Mineralische Säuren und Additive** aufgrund von Stimulationen⁴⁵

Im Anhang ist eine detaillierte Analyse des Produktionswassers, die 2012 für den Bereich Ost durchgeführt wurde, zu finden.

2.3 Strategien im Produktionswasser – Management (PWM)

Richtiges Management des anfallenden Produktionswasser ist heutzutage ein entscheidender Faktor in der Produktion von Öl/Gas und kann sowohl die Förderung von Kohlenwasserstoffen maximieren als auch die Betriebskosten minimieren. Unpassendes oder vernachlässigtes PWM kann zu einem Einbruch in der Produktion von Kohlenwasserstoffen, steigenden Kosten und im Extremfall zur Stilllegung einzelner Sonden führen. Eine Vielfalt an Möglichkeiten und Techniken sind im Bereich PWM verfügbar. Das Verständnis der gegenwärtigen Wasser-Mechanismen und eine darauf ausgelegtes Behandlungssystem sind der Schlüssel zu einem erfolgreichen PWM und damit zusammenhängend einer Maximierung der Effizienz der gesamten Produktion.⁴⁶

Derzeit wird der größte Teil des geförderten PW zu Lande mittels Re-Injektion in unterirdische Formationen rückgeführt. Dies kann einerseits rein dem Zweck der Beseitigung dieser unerwünschten Mengen an Abwasser dienen, als auch zum Zwecke der sekundären Erdölproduktion verwendet werden. Aus diesem Grund werden eventuell notwendige Behandlungsanlagen auch dementsprechend dimensioniert und implementiert, um den jeweiligen Anforderungen die nötige Wasserqualität liefern zu können. Die gängigsten Anlagen bewerkstelligen das Entfernen von feinverteilten Ölresten und Feststoffen um ein Verstopfen der Injektionsanlagen bzw. der Formation zu verhindern. Die, im Laufe der gesamten Produktion anfallenden Mengen an verunreinigtem, produziertem Formationswasser stellen die Industrie vor die Aufgabe, passende Methoden und Konzepte zu entwickeln, dieses Abfallprodukt zu behandeln. Der Zweck dieser Behandlungen ist die Reduktion der potentiellen Toxizität, die Minimierung der produzierten Volumina und/oder die signifikante Verbesserung der Wasserqualität um eine Re-Injektion oder Beseitigung in diversen „Schlucksonden“ zu gewährleisten. Die Möglichkeiten für eine Behandlung der angefallenen Abwässer in diesem Zusammenhang variieren stark und hängen von der Zusammensetzung des Wassers und der Kosten für eine derartige Behandlung ab. Die meisten Behandlungsmethoden beinhalten eine

⁴⁵ Vgl. Veil et al. (2004), S.4ff

⁴⁶ Vgl. Hill et al. (2012). S.2

Separation in die einzelnen Bestandteile, wie beispielsweise die Abtrennung von Feststoffen oder Öl vom Wasser, um die gewünschte Wasserqualität zu erreichen.⁴⁷

Produktionswasser ist, wie schon erwähnt, vor allem in Mature Fields eine Herausforderung für die öl- und gasproduzierende Industrie und bedarf einer sorgfältigen Strategie in Bezug auf dessen Management. Öl- und Gasproduzenten haben verschiedene Optionen um an dieses Problem heranzugehen und jede dieser Herangehensweisen bietet wiederum eine Vielzahl von technischen Möglichkeiten, die Kosten für das Produktionswasser zu minimieren oder einen Nutzen aus der Wasserproduktion zu ziehen. Die möglichen Strategien enthalten⁴⁸:

- Verhinderung des Wasserzuflusses in das Bohrloch durch entweder mechanische Mittel am Bohrloch, oder durch die Injektion von sogenannten Blocking Agents in der Lagerstätte;
- Separation von Öl und Wasser direkt im Bohrloch, gefolgt vom Verpumpen des abgeschiedenen Wassers in eine Disposal Zone;
- Separation von Öl und Wasser an der Oberfläche und darauffolgende Behandlung für das Verpumpen in Disposal Wells; und
- Separation von Öl und Wasser an der Oberfläche und darauffolgende Behandlung für eine weitere Nutzung des Wassers wie beispielsweise für die Re-Injektion.

Shell hat in diesem Zusammenhang eine, eigens für das Produktionswasser generierte, Strategie entwickelt – Shell's integrated water management strategy – die folgende Zielsetzungen enthält:

- Sicherung von Gewässern und Grundwasser durch die Minimierung von Abwässern und der Sicherstellung von möglichst niedriger Umweltbelastung durch die Vermeidung von flachen Entsorgungs-Sonden und dem Einsatz von moderner Technik.
- Gewissenhafter Umgang mit allen Ressourcen
- Reduktion von Kapital Investitionen, Footprint und Kosten durch den Einsatz modernster Technik.⁴⁹

Die Verminderung der Mengen an produziertem Wasser, die an die Oberfläche gefördert werden, führt zwangsweise zur Reduktion aller Kosten im Zusammenhang mit Produktion, Behandlung und Beseitigung von Wasser. Unternehmen im Bereich der Kohlenwasserstoffproduktion haben verschiedene Möglichkeiten, die Wassermengen zu reduzieren. Diese Optionen basieren entweder auf der Minimierung der Produktion,

⁴⁷ Vgl. Reis (1996), S.172

⁴⁸ Vgl. Wallace, E. D. et al.(2000), S.2f

⁴⁹ Vgl. Khatib (2007), S.5

der Minimierung der Behandlung an der Oberfläche oder der Beseitigung in eigens angelegten Injektionsbohrungen.⁵⁰

Der effektivste Weg der Reduktion von Produktionswasser und den damit zusammenhängenden Folgekosten im gesamten Behandlungs- und Injektionssystem, ist die Minimierung der Mengen an Wasser bei der Produktion von Öl und Gas selbst.⁵¹

Eine Auswahl der gängigsten Methoden im Bereich PWM, die auch im RAG FBO-OST zum Einsatz kommen und daher auch für diese Arbeit von Bedeutung sind, wird in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführt.

2.3.1 Minimierung von Produktionswasser

Eine moderne Herangehensweise und gleichzeitig eine der größten Herausforderungen der Petro-Industrie ist heutzutage die Minimierung der Mengen an Produktionswasser. Das Verständnis und die Fähigkeiten, eine Reduktion der teils enormen Mengen an Produktionswasser zu erreichen ist eine äußerst komplexe und technisch anspruchsvolle Aufgabe. Glücklicherweise existiert eine Vielzahl von Strategien und Möglichkeiten dies zu bewerkstelligen.⁵²

Innerhalb einer produzierenden Formation sind das Formationswasser und die Kohlenwasserstoffe nicht vollständig miteinander vermischt und sind als angrenzende Schichten vorhanden, bei denen das Öl aufgrund seiner niedrigeren, spezifischen Dichte, typischerweise über dem Wasser liegt und Ziel der Betreiber ist. Das Volumen des Wassers zu minimieren stellt eine Herausforderung dar und bedarf gewisser Strategien zur Durchführung. Die Möglichkeiten hierfür umfassen: mechanische Abriegelung und Chemische Hilfsstoffe, die wasserführende Porenkanäle oder Bruchstellen blockieren und somit das Eindringen von Wasser in das Bohrloch verhindern.

→ Mechanische Abriegelung

Betreiber nutzen verschiedene mechanische Methoden und Techniken um das Eindringen von Wasser in das Bohrloch zu verhindern. Die gängigsten Techniken umfassen Packer, Plugs, Zementation, Einschluss oder Horizontalbohrungen. Diese Methoden sind weit verbreitet, jedoch nicht für jede Sonde anwendbar. Für Betreiber ist die richtige Auswahl also von entscheidender Bedeutung.

→ Einsatz chemischer Hilfsstoffe

Eine Möglichkeit der Vermeidung von Wassereinfluss in das Bohrloch, bei fortlaufender Ölproduktion, kann durch den Einsatz von chemischen Hilfsstoffen, die in die Formation injiziert werden, bewerkstelligt werden. In diesem Zusammenhang werden Polymere (Gels) bevorzugt eingesetzt. Gel-Lösungen dringen gezielt in wasserführende Bruchstellen oder Poren ein und verdrängen selbiges. Sobald sich diese Gels in den

⁵⁰ Vgl. Du et al. (2005), S.3f

⁵¹ Vgl. Reis (1996), S.151

⁵² Vgl. Hite, J. Roger et al.(2006), S.1

Bruchstellen festsetzen, blockieren sie den Großteil des Wassers und lassen gleichzeitig das Öl passieren. Abhängig von der Art des Wasserzuflusses, können verschiedenste Gels kreiert werden, wobei eine Vielzahl von Faktoren berücksichtigt werden muss, um ein passendes Polymer-Gel zu entwickeln.⁵³

→ **Weitere Möglichkeiten zur Verhinderung der Förderung von Wasser zur Oberfläche**

Die Förderung des Wassers zur Oberfläche ist mit erheblichen Folgekosten für die Betreiber verbunden und somit stellt deren Vermeidung eine Herausforderung dar. Obwohl verschiedene Technologien den Zufluss von Wasser in das Bohrloch nicht verhindern, verhindern sie sehr wohl die Zutage Förderung selbigen und vermindern somit das Volumen des zu behandelnden Produktionswassers an der Oberfläche.

- Dual Komplettierungen
- Down Hole Öl/Wasser Separatoren (DOWS oder DHOWS)⁵⁴

DOHWS werden eingesetzt um das Wasser vom Öl noch im Bohrloch, aufgrund der unterschiedlichen Dichten, abzutrennen und gleichzeitig unterirdisch zu verpumpen. Eine Möglichkeit bilden Hydrozyklone, die, mit Hilfe der Zentrifugalkraft, eine Separation des Wassers vom Öl durchführen. Das abgeschiedene Wasser wird in weiterer Folge verpumpt, während das Öl zutage gefördert wird. Eine weitere Möglichkeit bilden Gravitations-Separator-Systeme, welche den Öl-Tropfen erlauben, durch die Perforation in das Bohrloch einzufließen und dort eine getrennte Schicht zu bilden. Die meisten Gravitations-Separatoren sind vertikal ausgerichtet und haben für die Öl- und Wasserschicht separate Einlassöffnungen.

- Down Hole Gas/Wasser Separatoren (DHGWS)⁵⁵

2.3.2 Injektion

Die gängigste Methode, die Mengen an produziertem Formationswasser zu bewältigen, stellt die Injektion in eine dafür vorgesehen Formation dar. Bei dieser Form der unterirdischen Beseitigung unterscheidet man zwischen dem Verpumpen von unerwünschten Abwässern zum Zwecke der Beseitigung und der Produktionswasser Re-Injektion (PWRI) für sekundäre Gewinnung. In beiden Fällen sind strikte Regeln und Auflagen zu erfüllen, um die Kontamination der Umwelt, insbesondere des Grundwassers, zu verhindern.⁵⁶

PWRI ist eine wichtige und weit verbreitete Strategie um aus dem Beiprodukt Wasser einen Nutzen zu generieren. Jedoch ist die Umsetzung mit diversen Herausforderungen verbunden. Im Vordergrund stehen hier einerseits die erforderliche Wasserqualität,

⁵³ Vgl. Veil et al. (2004), S.41ff

⁵⁴ Vgl. Wallace, E. D. et al. (2000), S.52

⁵⁵ Vgl. Neff und Hagemann (2007), S.3f

⁵⁶ Vgl. Economides et al. (1994), S.585

welche ihrerseits einer zweckdienlichen Dimensionierung der Anlagen bedarf und andererseits die Bereitstellung der nötigen Injektionsdrücke für die Dimensionierung der Pumpen und des Leitungsnetzes. Um eine PWRI Anlage angemessen designen zu können, sind gewisse Studien notwendig, die vor allem den möglichen Einfluss und die Risiken von Kalk, Säuren, Bakterienwachstum und Korrosion betreffen. Des Weiteren sind Feststoffe und Reste von Öl im Wasser vorhanden, die relativ schwer zu entfernen sind und das Risiko von Verstopfungen mit sich bringen. Daher ist die Bestimmung der Wasserqualität in Bezug auf Feststoffe (Total Suspended Solids – TSS) und Ölreste (Oil in Water – OIW) entscheidend für die Dimensionierung der Anlage, um den Betrieb über die gesamte Lebensdauer des Feldes zu gewährleisten.⁵⁷

2.3.3 Einsatz von Separatoren zur Wasserbehandlung

Die grundsätzliche Funktion dieser Anlagen zur Wasserbehandlung ist die Separation der Öltropfen vom restlichen Wasser zum Zwecke der Abtrennung. In Gravitationsseparatoren führen die unterschiedlichen relativen Dichten von Wasser und Öl dazu, dass das Öl an der Wasseroberfläche schwimmt. Die einzelnen Tropfen unterliegen einem ständigen Wechsel von Zusammenschluss und Verteilung während des gesamten Produktionsablaufs. Derartige Anlagen werden oft in Kombination mit anderen Behandlungsverfahren eingesetzt und bedürfen einer funktionierenden Infrastruktur.⁵⁸

Die gängigsten Anlagen beruhen auf der Erdanziehungskraft um eine Öl-Wasser Trennung zu erzielen. Auf die, verhältnismäßig, leichteren Öltropfen wirkt eine Auftriebskraft der eine Reibungskraft durch die vertikale Bewegung entgegenwirkt. Wenn diese beiden Kräfte gleich groß sind, wird eine konstante Geschwindigkeit erreicht, die durch das Stoke'sche Gesetz beschrieben werden kann:

$$V_t = \frac{1,78 \times 10^{-6} (\Delta S. G) (d_m)^2}{\mu}$$

V_t ... Endsinkgeschwindigkeit (ft/s)

d_m ... Durchmesser des Öltropfen (micron)

$\Delta S. G.$... Unterschied der relativen Dichten zwischen Öl & Wasser

μ ... Viskosität des Wasser (cP)

Aus diesem, relativ einfachen, Gesetz kann man mehrere, interessante Erkenntnisse ableiten:

⁵⁷ Vgl. Ochi et al. (2013), S. 1f

⁵⁸ Vgl. Drewes et al. (2009), S. 17

- Umso größer ein Öltropfen, desto größer sein Durchmesser und dem zufolge größer seine vertikale Geschwindigkeit. Größere Öltropfen benötigen daher weniger Zeit um an die Oberfläche zu steigen und sind daher leichter zu separieren.
- Umso größer der Unterschied in den relativen Dichten von Öl und Wasser, desto größer die Vertikalgeschwindigkeit. Umso leichter das Rohöl ist, desto leichter ist es auch das Wasser zu behandeln.
- Umso höher die Temperatur, desto geringer die Viskosität des Wassers und dem zufolge größer auch die Vertikalgeschwindigkeit. Es ist leichter, das Wasser bei hohen Temperaturen zu behandeln, als bei niedrigen, da bei hoher Temperatur der Unterschied in den relativen Dichten zwischen Öl und Wasser größer ist.

Der erste Schritt zur Entfernung von Kohlenwasserstoffen von Wasser ist normalerweise die Separation durch Absetztanks oder Behälter. Diese Art der Separation ist die einfachste und gleichsam ökonomischste Methode, große Mengen an Öl von Wasser zu trennen. In der ersten Stufe der Separation werden die Wassermengen in besagte Tanks geleitet, wo sich die einzelnen Phasen aufgrund der unterschiedlichen Dichten trennen können. Diese Objekte sind normal für lange Einwirkzeiten ausgelegt, in denen die Vereinigung der Tröpfchen und daraus folgend die Separation stattfinden kann. Die Effektivität dieser Methode hängt von der Größe der Tröpfchen und dem Zeitspanne im Tank ab. Der schematische Aufbau eines solchen Tanks ist in Abbildung 5 zu sehen.⁵⁹

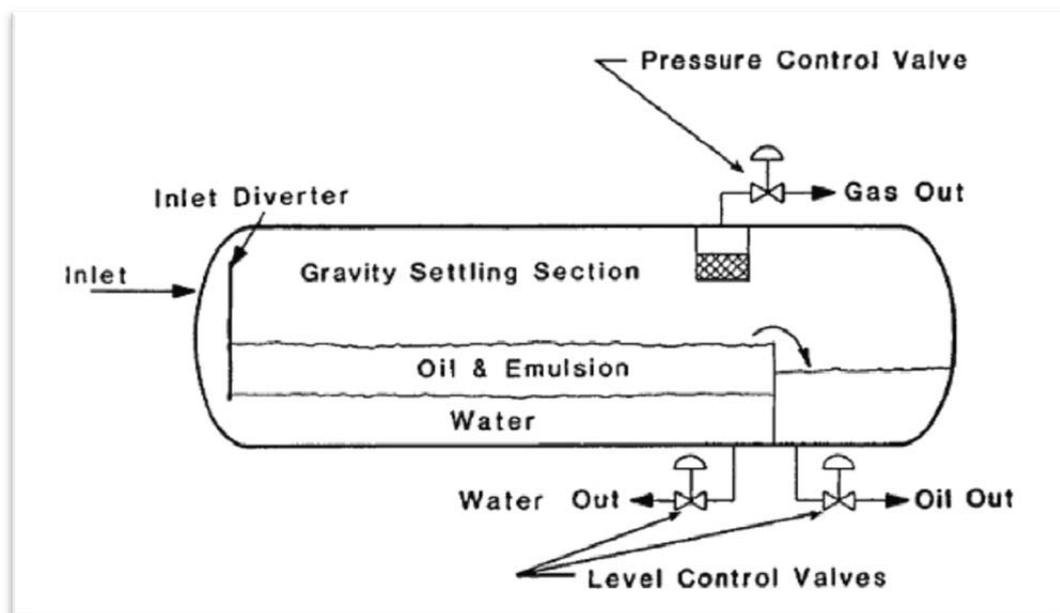


Abbildung 5: Funktion eines Absetztanks⁶⁰

⁵⁹ Vgl. Arnold und Stewart (1998-c1999), S.197f.

⁶⁰ Quelle: Arnold und Stewart (1998-c1999), S.137

2.3.4 Einsatz von Chemie in der Produktionswasserbehandlung

Chemikalien spielen eine bedeutende Rolle für die Behandlung und umfassen die Öl/Gas/Wasser Trennung und damit zusammenhängend auch die Qualität von Öl/Gas/Wasser, unterstützen den Flüssigkeitstransport und schützen die Installationen für die Re-Injektion.

- **Klären von Wasser**

Der Zweck der Klärung des Produktionswassers ist die Verbesserung der Wasserqualität für die Entsorgung oder Re-Injektion. Chemikalien die in diesem Zusammenhang Verwendung finden, wirken flockend oder gerinnend auf Öl und Feststoffe um die Separation von Wasser zu steigern. Die Vergrößerung der Korngröße bzw. Tropfen wirkt sich vor allem auf die Effizienz der Separation in den folgenden Bereichen aus:

- Abschöpfbecken
- Hydrozyklone
- Filter
- Zentrifugen

Die gängigsten Chemikalien, die in der Wasserklärung im Einsatz sind, können in anorganische Gerinnungsmittel bzw. Polyelektrolyte eingeteilt werden. Diese Stoffe können in Wasser gelöst und ionisiert werden wobei die ionische Ladung die entgegengesetzten Ladungen der Tröpfchen oder festen Partikel anziehen. Umso größer diese Tröpfchen bzw. Partikel sind, desto einfacher wird die Separation. Zu den anorganischen Gerinnungsmitteln gehören vor allem Aluminium, Eisen und Kupfersalze, die Säuren bilden und daher eine pH-Wert Anpassung für einen optimalen Einsatz benötigen. Unangebrachter oder falscher Einsatz von diesen Chemikalien führt zu unerwünschten Öl-Gel-Ablagerungen, die zu Störungen des Equipments führen können. Polyelektrolyte zählen zu den wasserlöslichen Polymeren und sind langkettige Moleküle (meist Polyamine oder Polyacrylamine) und bewirken schon in geringen Mengen eine Anlagerung der Feststoffe (Flockung) und damit zusammenhängend signifikante Effekte auf die vorhandenen Tröpfchen bzw. Feststoffe.⁶¹

- **Scale-Inhibition**

Die gelösten Stoffe im Produktionswasser sind normalerweise im thermodynamisch-chemischen Gleichgewicht unter Lagerstättenbedingungen vorhanden.⁶² Änderungen in Druck, Temperatur und Zusammensetzung des Produktionswassers im Verlauf der Produktion und der anschließenden Behandlung, bewirken das Lösen von chemischen Komponenten im Wasser und können zur Bildung von verschiedenen Arten von Scale in Pipelines, Pumpen, Injektoren und Equipment führen. Die gängigsten Arten von Scale in Produktionswasser sind:

⁶¹ Vgl. Devold 2010, S.87ff

⁶² Vgl. Reis (1996), S.44

- Karbonate
- Sulfate
- Phosphate
- Ammonium
- Sulfide
- Oxide
- Metall-Quarz Komplexe

Um die Bildung von Scaling zu verhindern, wurden verschiedene Chemikalien entwickelt, die je nach Art des Kalks und den vorherrschenden Bedingungen zur Auswahl stehen. Aufgrund der Anforderungen von thermischer Stabilität, Absorptions-Charakteristik und Expositionsdauer erfolgt die Auswahl der möglichen Chemikalien, folgende Klassen unterteilt sind:

Chelat Verbindungen bilden lösliche Komplexe mit bivalenten Stoffen wie Kalzium oder Magnesium und trivalenten Metallen. Die gängigsten Chelate sind EDTA und NTA aufgrund ihrer thermischen Stabilität bei hohen Temperaturen.⁶³ EDTA ist ebenfalls ein sehr effektiver Eisen(II)-sulfid (FeS) Inhibitor für die anaerobe bakterielle Korrosion.⁶⁴

Polyacrylate enthalten eine Carboxylgruppe und finden Verwendung in der Inhibition von sowohl Kalk als auch gelösten Stoffen. Abhängig von seiner Zusammensetzung sind Polyacrylate thermisch stabil bei hohen Temperaturen.

Phosphonate werden sehr effektiv zur Behandlung von Eisenablagerungen eingesetzt, sind jedoch thermisch weniger stabil als Polyacrylate.

Scaleinhibitoren unterscheiden sich in nicht nur im chemischen Aufbau sondern auch in der Wirkungsweise die eine oder mehrere der folgenden Mechanismen enthält:

- Komplexbildung
- Dispersion
- Kristall Modifikation⁶⁵

- **Korrosionsschutz**

Produktionswasser kann sehr stark korrosiv auf die vorhandenen Produktionsanlagen wirken.⁶⁶ Als Korrosion bezeichnet man die Zerstörung von Metall durch chemische oder elektrochemische Reaktionen in einem gegebenen Umfeld. Besonders betroffen sind hierbei Pipelines und Prozess-Equipment, die besonders stark in Kontakt mit

⁶³ Vgl. NACE International (2001)

⁶⁴ Vgl. Wang et al. (2014), S.14

⁶⁵ Vgl. NACE International (2001)

⁶⁶ Vgl. Reis (1996), S. 43

Wasser stehen. Die Korrosionsgeschwindigkeit wird durch mehrere Faktoren signifikant beeinflusst:

- Art des Metalls
- pH Wert des Wassers
- gelöster Sauerstoff, gelöste Salze und Sauer Gas im Wasser
- Temperatur, Druck und Strömungsgeschwindigkeit des Wassers

Korrosion ist daher ein wesentliches Problem für die Betreiber von Ölfeldern, da die Reaktion eines Werkstoffs mit seiner Umwelt zu Beeinträchtigungen führen kann. Überall wo Metalle in Kontakt mit unterschiedlich elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten kommen, entstehen die Notwendigkeit von Korrosionsschutz bzw. Prävention und damit zusammenhängend ein signifikanter Kostenverursacher.⁶⁷

Korrosions-Inhibitoren reduzieren die Korrosionsgeschwindigkeit entweder durch das Unterbrechen der elektrochemischen Reaktion zwischen Metall und Flüssigkeit oder durch das Stoppen der chemischen Reaktion, welche den Verschleiß des Metalls zur Folge hat. Eine Möglichkeit, die elektrochemische Reaktion zu stören, ist die Ausbildung eines Films auf der Metalloberfläche, welche den Ionen-Transfer stoppt. Eine Methode des chemischen Schutzes nutzt einen Absorptions-Inhibitor, wie beispielsweise oberflächenaktives Amin, welches eine Chemisorption-Bindung an das Metall bildet, wodurch es in der Flüssigkeit nicht lösbar wird. Die Auswahl des passenden Korrosionsinhibitors wird durch Labor- oder Feldtests ermittelt, wobei die gängigsten Test-Methoden wie folgt sind:

- Rad-, Kupfer-Ionen-Verdrängung und Autoklav-Test
- Elektrische Proben und Korrosions-Coupons⁶⁸

- **Sauerstoff Absorber**

Da Sauerstoff ein starkes Oxidationsmittel darstellt, werden Sauerstoff Absorber eingesetzt um gelösten Sauerstoff im Wasser zu minimieren und so Korrosion zu reduzieren. Mehrere Komponenten sind im Handel erhältlich, um dies durchzuführen:

- Natriumsulfit (Na_2SO_3)
- Schwefeldioxid (SO_2)
- Natriumhydrogensulfat (NaHSO_3)
- Natriumdisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)
- Ammonium Hydrogen Sulfit (NH_4HSO_3)⁶⁹

⁶⁷ Vgl. Seba (1998), S.418

⁶⁸ Vgl. Devold (2010), S. 87ff

⁶⁹ Vgl. Al-Shamari et al. (2014), S. 2

- **Bakterielle Kontrolle**

Bakterien sind einzellige Mikroorganismen, die sowohl in sauerstoffhaltigen Systemen als auch in Systemen ohne Sauerstoff vorkommen. Das Vorhandensein von Wasser ist jedoch in beiden Fällen unabdingbar. Organismen, die in Gegenwart von Sauerstoff wachsen, da sie nur in Gegenwart von Sauerstoff Energie aus einer Verbindung gewinnen, werden aerob genannt. Andere Organismen wachsen nur in Abwesenheit von Sauerstoff und können Energie auch nur in Abwesenheit von Sauerstoff gewinnen. Diese, anaerob genannten Organismen, können durch Sauerstoff sogar getötet werden.⁷⁰

Sowohl Oberflächen- als auch Produktionswasser enthalten biologische Bestandteile (Bakterien), welche das Behandlungs- oder Injektionssystem kontaminieren und in weiterer Folge beschädigen können. Bakterien haben die Fähigkeit einer raschen Vermehrung und verursachen somit eine Blockierung (Verstopfung) des Equipments an der Oberfläche und untertage die Injektionsanlagen und Formationen. Ebenso kann in Gegenwart von Bakterien Sauerstoff (H_2S) generiert werden, welches ebenso zu Korrosion führt. Die Notwendigkeit der Bakterien-Kontrolle ist also klar ersichtlich und muss von den jeweiligen Betreibern durchgeführt werden. Die Auswahl des richtigen Biozids wird aufgrund der Wirkungsweise getroffen und erfordert genaue Kenntnis des bestehenden Systems. Die gängigsten Bestandteile von Bioziden sind wie folgt:

- Ammoniumverbindungen
- Aldehyde
- Amine
- Chlorierte Phenole
- Organisch-metallische Verbindungen
- Schwefelige organische Verbindungen⁷¹

Um das passende Biozid auszuwählen und somit einen effektiven Einsatz zu gewährleisten, müssen Proben aus dem Lagerstättenwasser genommen und Bakterienkulturen angelegt werden. In weiterer Folge werden diese Kulturen mit einem oder mehreren der folgenden Tests analysiert:

- Bakteriostatischer Test
- Plankton Resistenz Test
- Sessile Bakterien Resistenz Test⁷²

⁷⁰ Vgl. Madigan et al. (2006), S.1163

⁷¹ Vgl. Bhagobaty (2014), S.11ff

⁷² Für ausführliche Informationen zu den angegebenen Testverfahren: Vgl. Keasler et al. (2010), S.3; Spoering und Lewis (2001); Olson et al. (2002), S.86ff.

Es sind jedoch nicht alle Bakterien im Zusammenhang mit der Förderung von Kohlenwasserstoffen unerwünscht. Mikrobielle, erweiterte Erdölförderung (MEOR) stellt eine der ältesten EOR-Methoden dar und basiert auf der Versorgung von im Reservoir vorhandenen oder injizierten Bakterien mit Nährstoffen. Diese Bakterien erzeugen Abbauprodukte, die eine erweiterte Erdölproduktion fördern.⁷³ Ein genaues Verständnis der möglichen Auswirkungen der eingesetzten Chemikalien, vor allem Korrosionsinhibitoren und Biozide, und den, in diesem Fall erwünschten, Bakterien ist für den Einsatz von MEOR unverzichtbar.⁷⁴

2.3.5 Zukünftige Herausforderungen für PWM

Um die kontinuierlich steigenden Mengen an PW in Zukunft weiterhin bewältigen zu können, müssen sich Öl- und Gasproduzenten den wachsenden Herausforderungen bewusst sein. Die Mengen an PW steigen mit zunehmender Alterung der Felder und stellen die Betreiber vor die Aufgabe, sich mit immer größeren Mengen auseinanderzusetzen. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- Kapazität der vorhandenen Anlage
- Möglichkeiten der Modifikation der bestehenden Anlage
- Pipeline-Kapazitäten für den Transport⁷⁵
- Nutzung modernster, auf die vorhandenen Bedingungen abgestimmte, Technologien
- Minimierung der Auswirkungen des PW auf regionale Ökosysteme
- PW als Quelle für Frischwasser in wasserarmen Regionen
- Neue staatliche Richtlinien für die Verteilung und den Einsatz von Wasser für andere, wasserintensive Industriezweige⁷⁶

⁷³ Vgl. Bueltemeier et al. (2014), S.1f

⁷⁴ Vgl. Jackson et al. (2012), S.3

⁷⁵ Vgl. Alotaibi und Al-Jabri (2013), S.2

⁷⁶ Vgl. Fennessey et al. (2014), S.2f

3 Betriebliches Rechnungswesen

Die übersichtliche Darstellung, wirtschaftlich relevanter Betriebsprozesse, zum Zwecke zukunftsorientierter Entscheidungen der Geschäftsführung, sowie der Berichterstattung gegenüber Externen in übersichtlicher Form, sind die Kernaufgaben des betrieblichen Rechnungswesens. Unter diesem Fachbegriff werden alle Handlungs- und Verfahrensweisen zusammengefasst, die die in einem Unternehmen auftretenden Geld- und Leistungsströme mengen- und wertmäßig zu erfassen und überwachen.⁷⁷

Mit den Verfahren des betrieblichen Rechnungswesens können eingetretene oder erwartete Vorgänge innerhalb des Unternehmens bzw. zwischen dem Unternehmen und der Umwelt, nicht nur mengen- und wertmäßig erfasst werden sondern auch aufbereitet, strukturiert, analysiert und ausgewertet werden. Das betriebliche Rechnungswesen gliedert sich in vier Teilbereiche auf:



Abbildung 6: Teilbereiche des betrieblichen Rechnungswesens

- Die Finanzbuchhaltung (Buchführung und Bilanzierung, externes Rechnungswesen) befasst sich mit sämtlichen Vermögens- und Kapitalwerten, sowie alle Arten von Aufwendungen und Erträgen des Unternehmens für einen bestimmten Abrechnungszeitraum. Die Buchführung dient hier der gesetzlich vorgeschriebenen Dokumentation für das interne und externe Rechnungswesen.⁷⁸ Im gesetzlich vorgeschriebenen Jahresabschluss wird unter Befolgung der Grundsätze ordentlicher Buchführung (GoB) über den Unternehmenserfolg Rechenschaft abgelegt, dieser liefert aber keine ausreichende Grundlage für zukünftige unternehmensrelevante Entscheidungen.⁷⁹

⁷⁷ Vgl. Wöhe (2000), S.853

⁷⁸ Vgl. Joos-Sachse (2006), S.77

⁷⁹ Vgl. Mumm (2008), S.3f

- Die Kosten- und Leistungsrechnung (Betriebsbuchhaltung und internes Rechnungswesen) dient der Erfassung, Dokumentation und Kontrolle des betrieblichen Geschehens. Dieser Teilbereich des betrieblichen Rechnungswesens ist eine interne, zweckbezogene Rechnung, in der nur jener Teil des Leistungsprozess des Unternehmens erfasst wird, der auch mit dem Unternehmenszweck zusammenhängt, indem aus dem Werteverbrauch (Kosten) und Wertezuwachs (Leistungen) der Betriebserfolg ermittelt wird.⁸⁰ Die Kosten- und Leistungsrechnung ist der, vom operativen Controlling, am öftesten genutzte Teilbereich des betrieblichen Rechnungswesens, da dieses Recheninstrument vom Unternehmen ohne die Vorschriften des Handels- und Steuerrechts auf die eigenen Bedürfnisse und Möglichkeiten maßgeschneidert werden kann.⁸¹
- Die betriebswirtschaftliche Statistik dient zur Überwachung des Betriebsgeschehens durch die Aufbereitung, Analyse und Auswertung aller Zahlen der Buchführung und der Kosten- und Leistungsrechnung, mit dem Ziel der unternehmerischen Planung und Disposition. Durch die Analyse der statistisch aufbereiteten Daten ergeben sich eventuell wichtige Erkenntnisse für das Unternehmen. Hierbei wird zwischen Zeit-, Branchen-, und Soll-Ist-Vergleichen unterschieden.
- Die Planungsrechnung basiert auf den Daten der drei vorhergehenden Teilbereiche und dient der Planung der zukünftigen, betrieblichen Entwicklung in Form von Vorschlägen (z.B. Investition- und Finanzplanung) für die Unternehmensführung. Die Planungsrechnung stellt somit ein Führungs- und Kontrollinstrument dar.⁸²

3.1 Kostenbegriffe

„Kosten sind der betrieblich bedingte Verbrauch von Werten, der bei der Erstellung von Produkten (Leistung) entsteht.“⁸³

Dieser Definition nach, wird der Kostenbegriff auch als wertmäßiger Kostenbegriff bezeichnet und hat drei signifikante Merkmale:

- Güterverbrauch: Es muss ein Verbrauch von Gütern oder Diensten vorliegen. Hierbei kommt es weniger auf die Güter an, als auf die Tatsache, dass sie tatsächlich verbraucht werden. Dies unterscheidet Kosten grundlegend von Ausgaben. Es gibt Ausgaben die nicht, noch nicht oder nicht mehr Kosten darstellen (z.B.: Der Kauf einer Maschine stellt eine Ausgabe dar. Die jährlichen Abschreibungen für diese Maschine stellen Kosten für das Unternehmen dar.

⁸⁰ Vgl. Mumm (2008), S.3ff

⁸¹ Vgl. Joos-Sachse (2006), S.75

⁸² Vgl. Mumm (2008), S.4ff

⁸³ zit. nach: Scholz (2001), S.48

- Betriebsbezogenheit: Der Werteverzehr muss durch die Erstellung bzw. Verwertung der betrieblichen Leistung hervorgerufen werden (Leistungsbezogenheit). Ein Güterverkehr, der nicht leistungsbezogen ist, stellt zwar einen Aufwand dar, jedoch keine Kosten.
- Bewertung: Eine Bewertung des Warenverzehrs in einer gängigen Währungseinheit ist zwingend notwendig für die Vergleichbarkeit.⁸⁴

Kosten haben also ein Mengen- und ein Bewertungsgerüst und sind demzufolge das Produkt aus Menge \times Preis.⁸⁵

Um die verschiedenen Kostenbegriffe unterscheiden zu können, ist es zu allererst notwendig, sich die Frage zu stellen, was alles als Kosten zu werten ist. Grundsätzlich ist eine Unterscheidung zwischen Aufwendungen und Kosten sinnvoll, da in der Kostenrechnung nur Zweitere interessant sind. Nur betriebliche Aufwendungen sind auch Kosten.

- Aufwand = Gesamter Werteverzehr von Vermögenspositionen einer Periode (Güter, Dienstleistungen, Geld)
- Kosten = Aufwand, der im Rahmen der geplanten betrieblichen Tätigkeit entsteht.

Im Bereich der Kosten kommt es zu einer weiteren Unterscheidung, was den Umfang des Kostenbegriffs angeht. Je nachdem, welche Kostenbegriffe unterschieden werden, handelt es sich um unterschiedliche Kostenrechnungssysteme und damit zusammenhängend die Herangehensweise des Kostenmanagements.⁸⁶

- Abschreibungen

Gegenstände des Anlagevermögens werden in der Bilanz zunächst mit Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten erfasst. Im Laufe der Zeit unterliegen sie jedoch einer Wertminderung, die unterschiedliche Ursachen haben kann:

- Nutzung (Gebrauch, Verschleiß)
- Wirtschaftliche Entwertung (technischer Fortschritt)
- Außergewöhnliche Ereignisse (Witterung, Katastrophen)

Die so erfasste Wertminderung von langlebigen Anlagegütern eines Unternehmens verfolgt zwei Ziele:

- Erfassung des Buchwertes eines Anlagegegenstandes
- Ermittlung der Kosten/Aufwendungen durch die Wertminderung⁸⁷

⁸⁴ Vgl. Scholz (2001), S.48

⁸⁵ Vgl. Plinke und Rese (2002), S.23

⁸⁶ Vgl. Preissner (1999), S.77ff

⁸⁷ Vgl. Scholz (2001), S.38f

3.2 Kostenmanagement

Die Kosten eines Produktes sind das Resultat eines mehr oder weniger komplexen Prozesses, dessen Einflussfaktoren sich folglich sehr umfassend gestalten können. Vom betriebswirtschaftlichen Standpunkt des Ingenieurwesens ist ein funktionierendes Kostenmanagement von besonderer Bedeutung.⁸⁸

Die Aufgabe des Kostenmanagements ist die bewusste Beeinflussung der Kosten mit dem Ziel, die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens zu steigern.⁸⁹ Die Kostenrechnung dient in diesem Zusammenhang zur Ermittlung und in weiterer Folge zur Verrechnung der Kosten auf Kostenstellen und -träger. Die Kostenrechnung liefert Informationen über Kostensituation im Unternehmen und bildet somit die Basis des Kostenmanagements. Die Aufgabe des Kostencontrollings liegt in der Zusammenführung und Analyse der zur Kostenbeeinflussung notwendigen Informationen. Mit Hilfe des Kostenmanagements werden die analysierten Daten aus der Kostenrechnung als Grundlage für Maßnahmen eingesetzt, die den Zweck haben, die Kosten zu beeinflussen. Abbildung 7 zeigt den Zusammenhang zwischen Kostenrechnung, -controlling und -management.⁹⁰

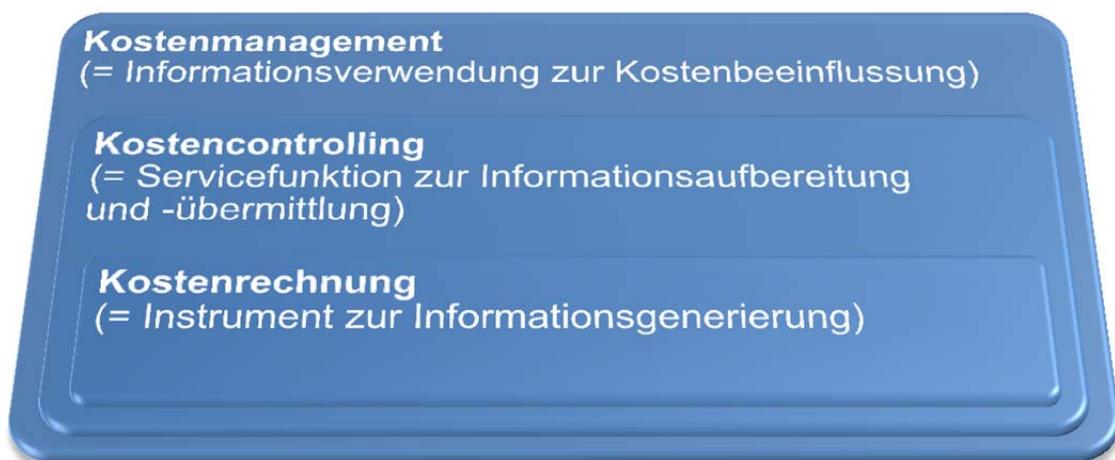


Abbildung 7: Kostenrechnung, -controlling & -management⁹¹

Die Wettbewerbsdynamik erfordert heutzutage eine Anpassung an veränderte Marktbedingungen und zwingt Unternehmen zu neuen und verbesserten Formen der Kostenrechnung. Die Beeinflussung und Steuerung von Kosten wird zu einem immer bedeutenderen Faktor und erfordert ein qualitatives Kostenmanagement, welches die

⁸⁸ Vgl. Müller (2013), S.201

⁸⁹ Vgl. Kajüter (2000), S.11

⁹⁰ Vgl. Franz (2002), S.7

⁹¹ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kajüter (2000), S.7

klassische Kostenrechnung klar dominiert. Dies zwingt Controller zur Schwerpunktverlagerung ihrer Tätigkeiten auf zwei Bereiche:

- In den Informationen für mögliche Kostensenkungen müssen Möglichkeiten zur Beeinflussung dieser Kosten (Kostentreiber) im Vordergrund stehen.
- Die Kostensteuerung wird zur zentralen Aufgabe⁹²

Diese Gestaltung und Beeinflussung von Kosten aufgrund von steigender Komplexität und Dynamik der Anforderungen, welche an die Unternehmen heutzutage gestellt werden, erfordert eine stetige Anpassung der modernen Kostenrechnung. Ziel des Kostenmanagements ist es daher, möglichst frühzeitig auf die Ursachen von Kosten einwirken zu können.⁹³

Um ein erfolgreiches Kostenmanagement betreiben, und damit zusammenhängend Kontroll- und Planungsaufgaben erfüllen zu können, ist eine genaue Erfassung der, in einer Periode angefallenen, Kosten notwendig. Die dafür relevanten Daten werden direkt aus der Finanzbuchhaltung eingeholt und sind für eine zielgerichtete Steuerung des Unternehmens erforderlich. Dabei verfolgt das Kostenmanagement mehrere Ziele:

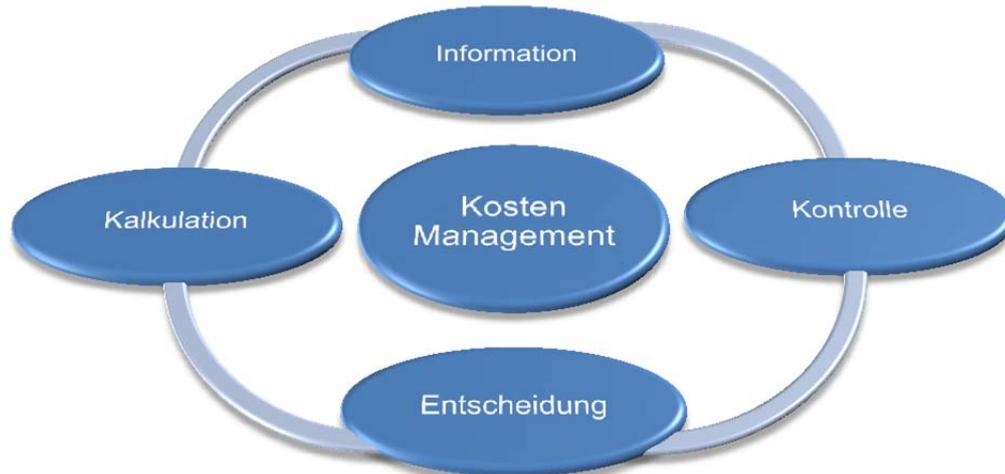


Abbildung 8: Kostenmanagement

⁹² Vgl. Horváth (1998), S.486

⁹³ Vgl. Ewert (2008), S.248f

Wie in Abbildung 8 erkennbar, verfolgt effektives Kostenmanagement vier Ziele:

- Erwerb von Informationen
- Ermittlung eines marktgerechten Preises
- Kontrolle der Wirtschaftlichkeit der betrieblichen Prozesse
- Unterstützung in der Entscheidungsfindung für das Management

Im Verlauf des Kostenmanagement wird man mit mehreren Rechnungssystemen konfrontiert, die auf die unterschiedlichen, ökonomischen Fragestellungen in einem Unternehmen die adäquate Antwort liefern sollen:

- Welche Kosten sind entstanden? → Kostenarten
- Wo sind die Kosten entstanden? → Kostenstellen
- Wofür sind die Kosten angefallen? → Kostenträger

Jede dieser Kernfragen wird, wie in Abbildung 9 gezeigt, durch ein eigenes Teilgebiet abgedeckt:



Abbildung 9: Kostenrechnungssysteme⁹⁴

3.3 Kostenrechnungssysteme

Der in Abbildung 9 beschriebene Ablauf der Kostenrechnung dient als grundlegendes Modell zur Entwicklung moderner Kostenrechnungssysteme. Die Grundidee eines Kostenrechnungssystems ist anfänglich der konzeptionelle Versuch, eine Lösung für die Aufgaben der Kostenrechnung zu finden. Der Umfang, eines derartigen Systems ist in der Folge abhängig von den Aufgaben, die gelöst werden sollen. Die Aufgabe Abrechnung und Dokumentation der Kosten wird durch eine Istkostenrechnung erfüllt, die eine nachträgliche Verrechnung der Kosten auf die Kostenträger vornimmt. Bei einer zukunftsorientierten Planung und Kontrolle der tatsächlich angefallenen Kosten, ist eine Plankostenrechnung erforderlich, die neben der laufenden Kostenabrechnung auch eine detaillierte Planung von Kostenarten, Kostenstellen und Kostenträgern vornimmt. Sollen alle angefallenen Kosten den Kostenträgern zugerechnet werden, ist eine Vollkostenrechnung ausreichend. Sieht die Kostenrechnung jedoch die Aufgabe erfüllen, alle relevanten Informationen (besonders für kurzfristige Entscheidungen) zu liefern, ist

⁹⁴ Vgl. Scholz (2001), S.10ff

eine Teilkostenrechnung zielführend. Hier werden den Kostenträgern nur die Kosten zugeordnet, die für aktuelle Zwecke relevant sind. Den Verlauf vom anfänglich theoretischen Konzept eines Kostenrechnungssystems bis zur konkreten Implementierung im Unternehmen zeigt die nachfolgende Abbildung:



Abbildung 10: Ausprägung von Kostenrechnungssystemen

Die unterschiedlichen Ansätze der Kostenrechnungssysteme (Ist-, Plan-, Voll- & Teilkostenrechnung) sind gewöhnlich in den komplexen EDV-Systemen (wie SAP oder Oracle) zur Kostenrechnung vorhanden.⁹⁵

Diese, oft branchenneutralen, EDV-Systeme dienen anfänglich als Rahmensysteme, die auf die spezifischen Anforderungen der einzelnen Unternehmen abgestimmt.⁹⁶

Diese Anpassung wird als Customizing bezeichnet und richtet sich nach den funktionalen und organisatorischen Gegebenheiten der Zielunternehmen und ist für eine effiziente Nutzung unabdingbar. Das Customizing umfasst in diesem Zusammenhang Organisationseinheiten, Methoden und quantitative Größen.⁹⁷

Für spezielle Anforderung und unternehmensspezifische Ansprüche müssen diese EDV-Systeme individuell angepasst werden. Derartige Ansprüche, wie beispielsweise die Anpassung auf die Anforderungen, die ein effektives Produktionswassermanagement stellt, können bestehende Systeme überfordern und verlangen nach einer indivi-

⁹⁵ Vgl. Jacob (2012), S.27

⁹⁶ Vgl. Zell (2009), S.18f

⁹⁷ Vgl. Bauer (2012), S.76

duellen Erweiterung.⁹⁸ Der Einfluss von derartigen EDV-Systemen auf die Kostenerfassung in Unternehmen wird im Verlauf dieser Arbeit noch deutlich.

Im SAP-System finden sich Kostenarten-, Kostenträger- und Kostenstellenrechnung unter folgenden Bezeichnungen wieder:

- SAP Gemeinkosten-Controlling: Kostenarten- & Kostenstellenrechnung
- SAP Produktionskosten-Controlling: Kostenträgerstückrechnung
- SAP Vertriebscontrolling und SAP Unternehmenscontrolling: Kostenträgerzeitrechnung⁹⁹

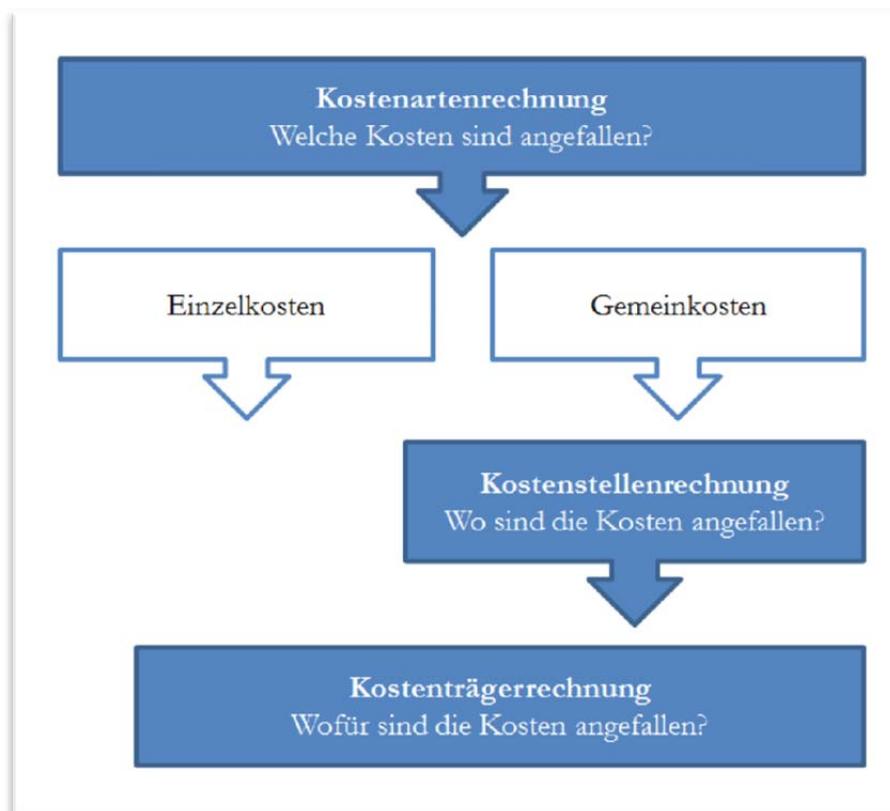


Abbildung 11: Rechenverfahren des internen Rechnungswesens¹⁰⁰

3.3.1 Kostenartenrechnung

Die Kostenartenrechnung dient zur Beantwortung der Frage, welche Kosten im Unternehmen angefallen sind und ist die Grundlage jeder Kostenrechnung. Das Hauptziel

⁹⁸ Vgl. Scholz (2001), S.12f

⁹⁹ Vgl. Jacob (2012), S. 352

¹⁰⁰ Quelle: Eigene Darstellung nach Jacob (2012), S.352

der Kostenartenrechnung ist die systematische Erfassung aller im Unternehmen angefallenen Kosten je Kostenart nach Personal-, Material-, und Kapitalkosten.¹⁰¹

Die Ermittlung und Zusammenstellung aller in einer Abrechnungsperiode angefallenen Kosten dient dem Sichtbarmachen der vertikalen Kostenstruktur des Unternehmens. Daher werden für diese Rechnung nur unverfälschte, primäre Kostenartengruppen gebildet werden, die aus der Finanzbuchhaltung des Unternehmens entnommen werden.¹⁰²

Die Kostenartenrechnung hat zwei grundsätzliche Aufgaben:

- Die belegmäßige Erfassung aller, in einer Periode im Unternehmen angefallener Gutsverzehr und ihrer Wertansätze (Dokumentationsfunktion)
- Die sachliche Gliederung aller, in einer Periode im Unternehmen angefallener Kosten nach Art der verbrauchten Kostengüter (Gliederungsfunktion)¹⁰³

Um die einzelnen Kosten bestimmten Kostengruppen zuordnen zu können, ist eine sinnvolle Systematik der Zuordnung notwendig, welche, in weiterer Folge, eine Gliederung der Kostenarten möglich macht. Zunächst werden alle Kosten, unabhängig wo und wofür sie angefallen sind, erfasst. Eine genaue Aufgliederung der Kosten nach Kostenarten ermöglicht in weiterer Folge die Kostenentwicklung der vergangenen Periode(n) statistisch genau abzubilden. Eventuelle Abweichungen werden analysiert und Maßnahmen zur Korrektur erarbeitet. Als Leitlinie für die Erfassung der Kostenarten dient die Zuordnung der Kosten an die Kostenstellen und Verrechnung auf die Kostenträger.¹⁰⁴

Eine Kostenart ist eine Kategorie von Kosten, die hinsichtlich der gewählten Kriterien die gleiche Ausprägung besitzt. Die dafür notwendigen Daten werden direkt aus der Finanzbuchhaltung erhoben und lassen sich, je nach Zweck der Kostenrechnung, nach verschiedenen Kriterien gliedern. Die gängigsten Kriterien für diese Art der Differenzierung können wie folgt aussehen:

- Differenzierung nach der Art der verbrauchten Güter & Leistungen
- Differenzierung nach der Zurechenbarkeit
- Differenzierung nach dem Verhalten bei Variation der Einflussfaktoren
- Differenzierung nach der Herkunft der Kostendaten
- Differenzierung nach ökologischen Kriterien¹⁰⁵

¹⁰¹ Vgl. Scholz (2001), S.12ff

¹⁰² Vgl. Seicht (1984), S.64

¹⁰³ Vgl. Plinke und Rese (2002), S.62

¹⁰⁴ Vgl. Scholz (2001), S.68

¹⁰⁵ Vgl. Coenenberg und Cantner (2003), S.31

3.3.2 Kostenstellenrechnung

Die Kostenstellenrechnung dient zur Beantwortung der Frage, wo die Kosten tatsächlich angefallen sind. Darunter fallen Geschäftsbereiche, Abteilungen, Produktions- und Arbeitsstellen die, je nach Detaillierungsgrad, als Kostenstellen bezeichnet werden. Die Kostenstellenrechnung dient auch zur Ermittlung der Zuschlagssätze, um anfallende Gemeinkosten (z.B. Gehaltskosten, Abschreibungen, Steuern) auf das jeweilige Produkt zu verteilen.¹⁰⁶

Die Einteilung des Unternehmens in die oben genannten Kostenstellen dient dem Sichtbarmachen der horizontalen Kostenstruktur.¹⁰⁷

In der Kostenstellenrechnung unterscheidet man zwischen Einzel- und Gemeinkosten. Unter Einzelkosten versteht man im allgemeinen Kosten, die einem Produkt (Kostenträger) direkt zurechenbar sind. Die restlichen Kosten, die während eine Abrechnungsperiode angefallen und für alle Kostenträgern zu tragen sind, werden Gemeinkosten genannt. Diese Kosten lassen sich nicht direkt zurechnen und müssen mit Hilfe eines Verteilungsschlüssels auf die einzelnen Kostenträger aufgeteilt werden. Dies ermöglicht auch eine weitgehend verursachergerechte Verrechnung der Kosten auf die einzelnen Kostenstellen. Die Kostenstellenrechnung dient folglich der Vorbereitung der Kostenträgerrechnung und wirkt als Bindeglied zwischen Kostenarten- und Kostenträgerrechnung. Sie ermöglicht außerdem eine Analyse der Wirtschaftlichkeit der Periodenkosten mit Vergangenheits- oder Planwerten.¹⁰⁸

Die Handhabung der Kostenstellenrechnung setzt die Unterteilung des gesamten Unternehmens in geeignete Abrechnungseinheiten voraus. Jede dieser Abrechnungseinheiten, für die die jeweiligen Kosten gesondert geplant, erfasst und kontrolliert werden, wird als Kostenstelle bezeichnet. Die Art und Tiefe der Unterteilung richtet sich nach dem Unternehmen und insbesondere nach dem Produktionsprogramm. Grundsätzlich werden Kostenstellen nach ihrer Funktionalität und Organisation gewählt. Unabhängig von dieser Einteilung ist eine strikte Abgrenzung zu schaffen, die eine Mehrfachverrechnung verhindert.

Ähnlich wie für die Kostenartenrechnung, wird auch für die Kostenstellenrechnung eine Differenzierung nach gewählten Kriterien durchgeführt, um die einzelnen Kostenstellen zu definieren:

- Differenzierung nach betrieblicher Funktion
- Differenzierung nach produktionstechnischen Gesichtspunkten
- Differenzierung nach rechentechnischen Gesichtspunkten¹⁰⁹

¹⁰⁶ Vgl. Scholz (2001), S.12

¹⁰⁷ Vgl. Seicht (1984), S.64

¹⁰⁸ Vgl. Scholz (2001), S.81

¹⁰⁹ Vgl. Coenenberg und Cantner (2003), S.57

Folglich sind Kostenstellen funktional, räumlich oder organisatorisch abgegrenzte Einheiten, in denen Kosten entstehen und denen Kosten angelastet werden.¹¹⁰

3.3.3 Kostenträgerrechnung

Die Kostenträgerrechnung dient zur Beantwortung der Frage, wofür welche Kosten in welcher Höhe angefallen sind. Der Grundgedanke ist, die Kosten nach dem Verursacherprinzip, ist die Verrechnung der Kosten an denjenigen, der sie verursacht hat. Eine genaue Kenntnis des direkten bzw. indirekten Zusammenhangs der Kosten mit dem Kostenträger ist also notwendig, um die angefallenen Kosten den Verursachern auch zurechnen zu können.¹¹¹

Grundsätzlich besteht die Kostenträgerrechnung aus zwei Teilbereichen:

- Kostenträgerstückrechnung (Kalkulation)
- Kostenträgerzeitrechnung (Kurzfristige Erfolgsrechnung)¹¹²

Werden die Kosten der Gesamtmenge einer Kostenträgerart in einer Periode bestimmt, hat diese Rechnung eine Zeitkomponente, weshalb man auch von einer Kostenträgerzeitrechnung spricht. Bei Berechnung eines Teils der, in einer Periode produzierten Gesamtmenge, so fehlt die Zeitdimension und man spricht lediglich von einer Kostenträgerstückrechnung.¹¹³

Die Kostenträgerrechnung schließt an die Kostenarten- und Kostenstellenrechnung an und kombiniert die Einzelkosten aus der Kostenartenrechnung und die Gemeinkosten aus der Kostenstellenrechnung um die Kosten pro Produkteinheit zu ermitteln. Die Hauptaufgabe der Kostenträgerrechnung ist, wie der Name schon sagt, die Zurechnung der Kosten auf einen sogenannten Kostenträger. Kostenträger sind Leistungen eines Unternehmens, die Kosten verursacht haben, sowie Eigenleistungen oder innerbetriebliche Leistungen des Unternehmens. In diesem Zusammenhang sind Eigenleistungen Aufwendungen des eigenen Unternehmens, die zur Herstellung von Gütern benötigt werden, die nicht zum Verkauf sondern zur Eigennutzung im Unternehmen dienen. Eine derartige Bestimmung der Eigenleistung im Unternehmen ist von großer Bedeutung um zu ermitteln, ob die Eigenleistung im Vergleich zu einem Fremdbezug kostengünstiger ist. Die Zuordnung der Kosten in einem Unternehmen ist oftmals abhängig vom Zweck der Kostenrechnung. Diese Zurechnung kann nach unterschiedlichen Gesichtspunkten erfolgen:

- Verursacherprinzip

Dem Verursacherprinzip (auch Kausalitätsprinzip genannt) werden einem Kostenträger nur diejenigen Kosten zugeordnet, die er auch tatsächlich verursacht hat. Bei strikter

¹¹⁰ Vgl. Plinke und Rese (2002), S.86

¹¹¹ Vgl. Scholz (2001), S.13

¹¹² Vgl. Fischer (2008), S.27

¹¹³ Vgl. Seicht (1984), S.152

Befolgung dieses Prinzips wäre aber eine Verrechnung der Fixkosten auf die Kostenträger nicht möglich und nur variable Kosten könnte zugerechnet werden.

- Durchschnittsprinzip

Aufgrund der Tatsache, dass das Verursacherprinzip in der Vollkostenrechnung nicht streng eingehalten werden kann, besteht die Möglichkeit, die Kosten nach dem Durchschnittsprinzip zu errechnen.

- Tragfähigkeitsprinzip

Anders als bei der verursachergerechten Kostenverrechnung, nutzt das Tragfähigkeitsprinzip (auch Belastbarkeits- oder Deckungsprinzip genannt) die Belastbarkeit der Kostenträger. Die Belastbarkeit eines Produktes ist umso höher, je höher sein Beitrag zum Gewinn ist.¹¹⁴

3.4 Kostenanalysen

Kostenmanagement behandelt im engeren Sinne die Planung und Implementierung von Maßnahmen zur Kostenreduktion. Dieses beinhaltet eine Kostenanalyse und die, darauf aufbauende, Darstellung der kostenbeeinflussenden Maßnahmen. In der Kostenanalyse werden sowohl die Kostensituation als auch die daraus resultierenden Kostentreiber behandelt.¹¹⁵

Im Grunde genommen geht es hier um ein aktives Datenmanagement und das Bereitstellen von Informationen, Kennzahlen und Indikatoren, die im besten Fall immer aktuell zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sind fachliche Expertisen (technisch und betriebswirtschaftlich) in den einzelnen Bereichen von entscheidender Bedeutung, da die einzelnen Abläufe in den Unternehmen oftmals nur in Zusammenarbeit mit einzelnen Mitarbeitern effizient analysiert werden kann.¹¹⁶ Eine klare und genaue Eingrenzung des Datenbereichs ist essentiell für die Erhebung der Kosten und ist für ein erfolgreiches Kostenmanagement unabdingbar.¹¹⁷

3.4.1 Analyse der Kostensituation und Kostenstruktur

Die Analyse der Kostensituation zielt generell auf die Erfassung von Kostenschwerpunkten und der Identifikation von negativen Kostenentwicklungen im Zeitablauf. Dabei sind das Kostenniveau, die Kostenstruktur und der Kostenverlauf entscheidende Faktoren. Hier zeigt das Kostenniveau die absolute Höhe der Kosten, die Kostenstruktur die jeweilige Zusammensetzung der Kosten und der Kostenverlauf das Kostenverhalten in Abhängigkeit eines Kostentreibers. Ausgehend von diesen Faktoren, lassen sich ver-

¹¹⁴ Vgl. Scholz (2001), S.100

¹¹⁵ Vgl. Kajüter (2000), S.117ff

¹¹⁶ Vgl. Eppinger und Zeyer (2012), S.167

¹¹⁷ Vgl. Ludwig (1988), S.213

schiedene Analysen für das ganze Unternehmen und/oder für Unternehmensteile durchführen.¹¹⁸

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts haben sich die Kostenstrukturen in Unternehmen signifikant verändert. Der Anteil der Gemeinkosten der Wertschöpfung ist dabei stetig gestiegen, was dazu geführt hat, dass traditionelle Kostenrechnungssysteme aufgrund des Kalkulationssatzes mit Einzelkosten teilweise an ihre Grenzen gekommen sind. Eine Analyse der Gemeinkosten liegt heutzutage im Vordergrund.¹¹⁹ Die Kostenstrukturanalyse liefert hierbei Informationen und Daten über die Zusammensetzung der Gemeinkosten des Unternehmens, womit Kostensenkungspotentiale erkannt und Wirtschaftlichkeitsbeurteilungen getätigt werden können.¹²⁰ Analysen der Kostenstruktur dienen sowohl als formales Überwachungsinstrument für kritisch betrachtete Kostenkomponenten, als auch als Frühwarninstrument für eventuell notwendige, strukturelle Änderungen im Unternehmen. Für das Controlling besteht die Herausforderung darin, die Gesamtkosten so aufzuspalten, dass relevante Kosten und Kostenabweichungen sichtbar werden um somit Gegensteuerungsmaßnahmen definieren zu können.¹²¹

Als Beispiel für derartige Kostenstrukturen dient die nachfolgende Tabelle:

Kostenstruktur	Begründung
Fixkosten – variable Kosten	Fixkosten (von der Produktionsmenge unabhängig) sind kurzfristig nicht zu reduzieren und hemmen daher die Entscheidungsfreiheit und Flexibilität eines Unternehmens.
Gemeinkosten - Einzelkosten	Gemeinkosten einen Kostenträger nicht direkt zurechenbar. Daher ist es nicht mehr erkennbar, wie und wo diese Kosten verursacht wurden. Ein hoher Anteil an Gemeinkosten reduziert daher die Möglichkeit einer effizienten Kontrolle.
Wertschöpfungskosten – Fremdkosten	Wertschöpfungskostenanteile spiegeln das Maß an vertikaler Integration wider. Ein hoher Anteil spricht für hohe Eigenständigkeit. Bei überdurchschnittlich hohen Kosten entsteht aber ein Verlust an Wettbewerbsfähigkeit. Hohe Fremdkostenanteile symbolisieren hohe Unternehmerische Flexibilität.
Erlösschmälerungen, Werbekostenzuschüsse usw. – restliche Kosten	Hohe Anteile sogenannter verlorener Kosten sprechen für Absatzprobleme oder mächtige Nachfrager. Die eigene Marktposition dürfte schlecht sein.
Personalkosten - restliche Kosten	Das Verhältnis von Personalkosten zu Gesamt- oder restlichen Kosten gilt als Produktivitätsmaßstab. Mitarbeiterzahl wird oft anhand des Personalkostenanteils reguliert.

Tabelle 2: Kostenstrukturen¹²²

¹¹⁸ Vgl. Franz (2002), S.14f

¹¹⁹ Vgl. Coenenberg und Cantner (2003), S.206

¹²⁰ Vgl. Buchholz (2013), S.207

¹²¹ Vgl. Preissner (1999), S.232

¹²² Quelle: Preissner (1999), S.233

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 12) erläutert den Aufbau der Kostenstrukturanalyse und macht die einzelnen Schritte deutlich sichtbar.

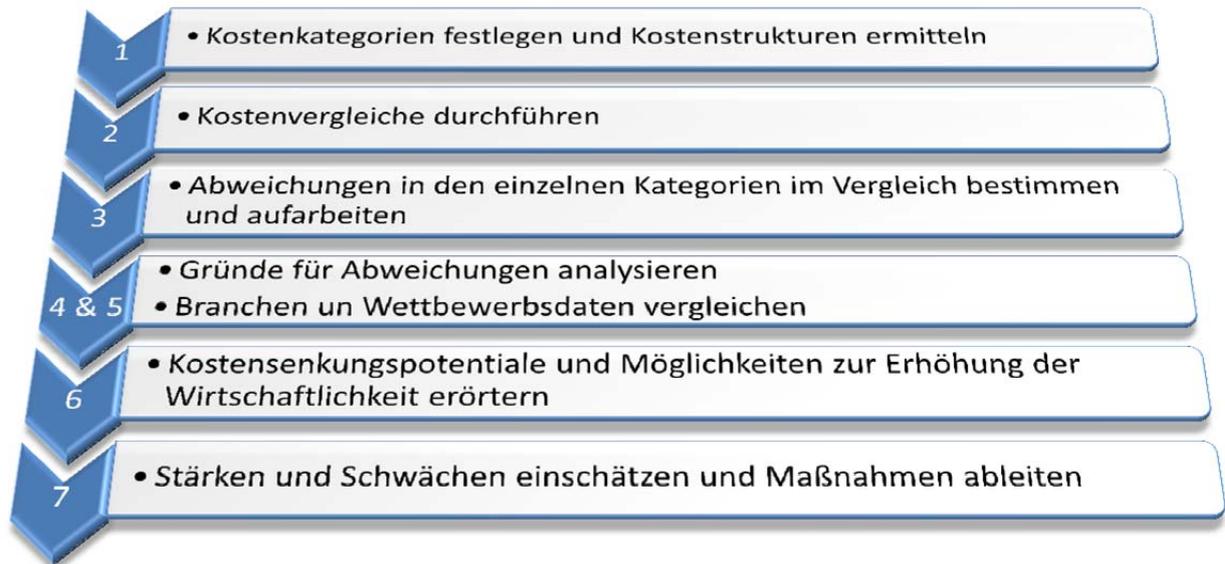


Abbildung 12: Kostenstrukturanalyse¹²³

1. **Kostenkategorien**

Aufgrund der möglichen Vielfältigkeit der Auswertung sind den Unternehmen in der Wahl der Kostenkategorien keine Grenzen gesetzt da eine individuelle Festlegung dieser Kategorien möglich ist. Eine derartige Auswahl kann wie folgt aussehen:

- Material-, Personal-, Dienstleistungskosten
- Kosten einzelner Kostenstellen, Geschäfts- oder Tätigkeitsbereiche
- Produktkosten
- Gemeinkosten (Abschreibungen, Zinsen, Mieten, etc.)

Ein umfassender Zugriff auf Daten der Buchhaltung und Kostenrechnung des Unternehmens in allen Bereichen ist hierfür zwingend notwendig um eine vollständige Aufstellung der Kosten liefern zu können.

2. **Kostenvergleiche**

Die Kostenstrukturanalyse beruht auf dem Prinzip des Vergleichs von Kostenkategorien, wobei die folgenden Methoden im Rahmen der Kostenstrukturanalyse einzeln, oder kombiniert, zur Anwendung kommen:

¹²³ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Buchholz (2013), S.207

- Zeitvergleich
- Innerbetrieblicher Vergleich
- Externer Vergleich

3. Kostenabweichungen

Nach dem Kostenvergleich werden die Kategorien betrachtet und deren prozentualer Anteil grafisch dargestellt. Abbildung 13 zeigt ein Beispiel aus dem Bereich Produktionswasserkosten in der Ölindustrie.

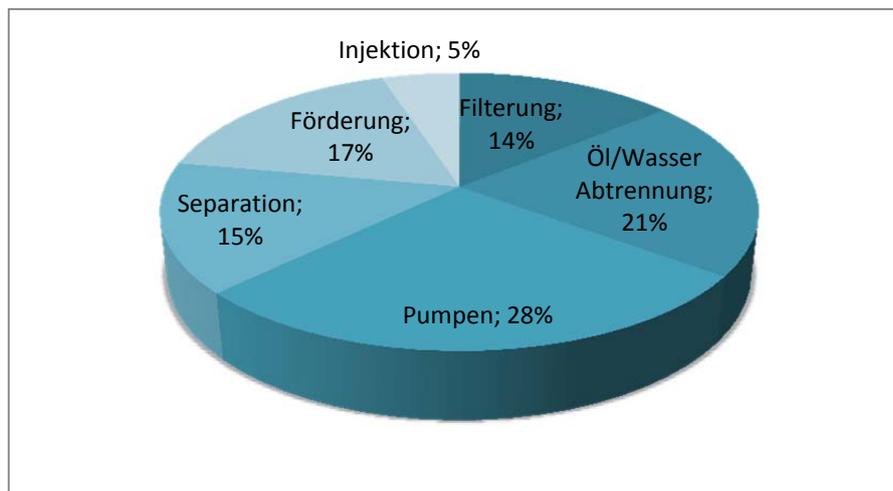


Abbildung 13: Kostenzusammensetzung Produktionswasserkosten¹²⁴

4. Abweichungsanalyse

Um die Ergebnisse qualitativ analysieren und in weiterer Folge die Abweichungen der einzelnen Kategorien bestimmen zu können, greift die Kostenstrukturanalyse auf bewährte Methoden der Kostenvergleiche zurück (z.B. Verbrauchs- oder Beschäftigungsabweichungen). Entscheidend in diesem Zusammenhang ist das Miteinbeziehen der Verantwortlichen der einzelnen Unternehmensbereiche für die Ursachenforschung, um folglich über genaue Kenntnis der jeweiligen Kostentreiber der einzelnen Kategorien verfügen.

5. Branchenvergleiche

Um eine abschließende Bewertung der Kostenkategorien bzw. eine strategische Diskussion der Kostenposition des Unternehmens in der jeweiligen Branche durchzuführen, ist das Miteinbeziehen der Daten von Mitbewerbern erforderlich. Dies kann aus den Daten aus Jahresberichten, Bilanzen oder Brancheninformationen bestehen, was eine Ableitung von Kostensenkungspotentialen ermöglicht.

¹²⁴ Quelle: Eigene Darstellung nach Khatib und Verbeek (2002); S.2

6. Kostensenkungspotentiale

Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch die Bestimmung von Kostensenkungspotentialen aus den vorangegangenen Beurteilungen ist ein wesentlicher Bestandteil der Kostenstrukturanalyse. Diese Potentiale können als strategischer Ansatzpunkt zur Verbesserung der Kostenposition im Vergleich zu Mitbewerbern gesehen werden und wie in Abbildung 14 aussehen:



Abbildung 14: Kostensenkung¹²⁵

7. Kostensenkungsmaßnahmen

Aus den gewonnenen Erkenntnissen können nun Kostensenkungsmaßnahmen abgeleitet und Maßnahmen zur Durchführung eingeleitet werden. Hierfür ist die Festlegung der größten Kostensenkungspotentiale entscheidend, da diese Priorisierung für den erhofften Erfolg der künftig eingeleiteten Maßnahmen zur Kostensenkung maßgeblich ist.¹²⁶

3.4.2 Analyse der Kostentreiber

Der aus dem englischen – Cost Driver – abgeleitete Begriff Kostentreiber stellt im Bereich der prozessorientierten Kostenrechnung und für ein effektives Kostenmanagement einen unverzichtbaren Bestandteil dar.¹²⁷

Über die eigentliche Funktion der Kostentreiber und ihre Bedeutung in der Kostenrechnung gehen die Meinungen teilweise weit auseinander. Sowohl im angloamerikani-

¹²⁵ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Buchholz (2013), S.207

¹²⁶ Vgl. Buchholz (2013), S.207ff

¹²⁷ Vgl. Coenenberg und Cantner (2003), S.634

schen als auch deutschsprachigen Raum werden Kostentreiber als Ursache für entstandene Kosten bezeichnet. Dieser Auslegung zu Folge handelt es sich hierbei um Einflussgrößen für das eigentliche Entstehen von Kosten, also Handlungen und Faktoren, die innerbetrieblich Aktivitäten oder Ressourcen benötigen und somit die Kosten „treiben“.¹²⁸

Um zielgerichtete Maßnahmen für eine Kostenbeeinflussung zu wählen, ist die Analyse der Kostensituation nicht ausreichend, da nur die Kosten nach Struktur, Niveau und Verlauf betrachtet werden. Eine wirksame Kostenbeeinflussung bedingt eine Analyse der Ursachen der Kostenentstehung und hier besonders die kostentreibenden Faktoren.¹²⁹

Kosten setzen sich aus einer Mengen- und einer Preiskomponente zusammen.¹³⁰ Aufgrund der Tatsache, dass in der Praxis die relevanten Kostentreiber teilweise nur unzureichend ausgewiesen sind bereitet die Analyse der Ursache der Kostenentstehung in der Regel zu Problemen.¹³¹

Oftmals werden die jeweiligen Kosten einer Aktivität nicht nur durch einen einzigen Kostentreiber geprägt. Die Analyse gibt hier Aufschlüsse darüber, welche Kostentreiber kritisch für die entstandenen Kosten sind.¹³²

Die Betriebswirtschaft hat schon früh begonnen, sich mit diesem Problem zu beschäftigen und die Kosteneinflussgrößen in der Literatur drei wesentliche Gruppen eingeordnet:

- Operative Kostentreiber (kurzfristige Kostenabhängigkeiten bei gegebenen Strukturen)
- Taktische Kostentreiber (mittelfristige Kostenabhängigkeiten)
- Strategische Kostentreiber (langfristige Kostenabhängigkeiten)

Vor allem die strategischen Kostentreiber spielen eine entscheidende Rolle, da die Kostensituation grundlegend und periodenübergreifend bestimmt wird.¹³³

Entscheidend für die Auswahl der Kostentreiber ist der enge Zusammenhang zwischen einer Aktivität und dem verursachenden Faktor. Dies sollte durch das im Unternehmen vorhandene IT-System durchführbar sein.¹³⁴

Für unternehmerische Prozesse kann die Analyse der Kostensituation und damit zusammenhängend die Analyse der Kostentreiber sehr hilfreich sein um Prozesse sowohl effizienter als auch effektiver zu gestalten. Jedoch besteht die Gefahr einer Über-

¹²⁸ Vgl. Grüning (2010), S.60

¹²⁹ Vgl. Kajüter (2000), S.122ff

¹³⁰ Vgl. Seicht (1984), S.342

¹³¹ Vgl. Porter (2010), S.90ff

¹³² Vgl. Ewert (2008), S.257

¹³³ Vgl. Brokemper (1998), S.61ff

¹³⁴ Vgl. Plötner et al. (2008), S.111

interpretation dieser Analysen, was zum Sparen von finanziellen Mitteln an der falschen Stelle führen kann. Es erfordert gerade in diesen Analysen Fingerspitzengefühl um die jeweiligen Unternehmensabläufe festzulegen und eventuelle Schwachstellen, Engpässe und Risiken zu identifizieren und Gegenmaßnahmen zu erarbeiten.¹³⁵ Eine weiterführende Bewertung der Kostentreiber in Bezug auf den Einfluss auf die Kostensituation ist für eine Maßnahmenformulierung und Implementierung zwingend notwendig.¹³⁶

3.4.3 Cluster Analyse

Um eine optimale Darstellung und Auswertung der erhobenen Daten zu gewährleisten, ist es notwendig eine sehr umfangreiche Anzahl an Objekten im Betrachtungszeitraum statistisch auf Ähnlichkeiten im Ressourcenverbrauch zu untersuchen.¹³⁷ Die Grundidee der Clusteranalyse besteht darin, eine heterogene Gruppe von Objekten in homogene Untergruppen von Objekten, die sehr ähnlich sind, aufzuteilen, gruppieren oder klassifizieren. Diese Ähnlichkeit muss genau genug gemessen werden können, um eine Einteilung in Cluster zu ermöglichen. Die einzelnen Cluster hingegen sollen sich hingegen möglichst stark voneinander unterscheiden.¹³⁸ Die Auswahl geeigneter Kriterien kann eine optimale Analyse gewährleisten und somit die bestmögliche Entscheidungsbasis für zukünftige Aktivitäten liefern.¹³⁹

Die Aufgabe der Clusteranalyse als Verfahren der Datenanalyse ist das Finden von, in Daten verborgenen Clustern. In Abbildung 15 wird dieses Prinzip verdeutlicht.

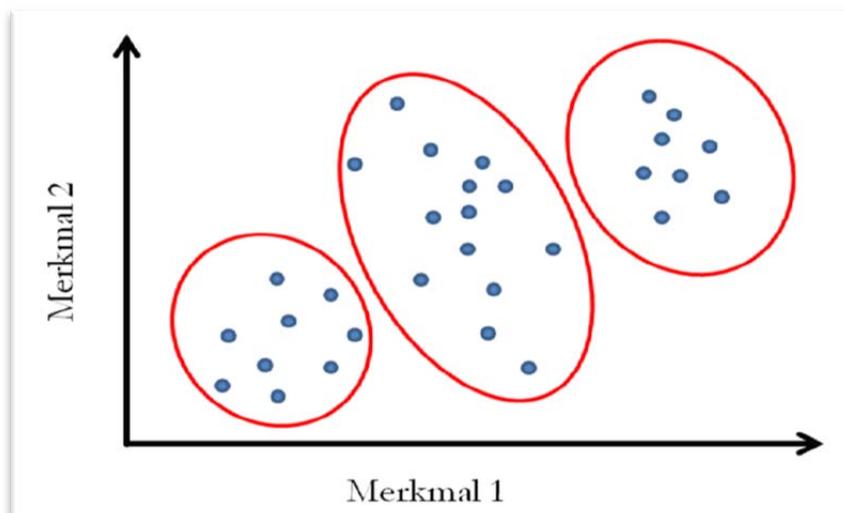


Abbildung 15: Schematische Darstellung - Clusteranalyse¹⁴⁰

¹³⁵ Vgl. Hirzel (2008), S. 95

¹³⁶ Vgl. Franz (2002), S.16

¹³⁷ Vgl. Mackau und Elsweiler (2002), S.13

¹³⁸ Vgl. Eckstein (2012), S.327f

¹³⁹ Vgl. Ondracek und Liebl (2009), S.7

¹⁴⁰ Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Janssen und Laatz (2007), S.488f

Durch derartige Clusteranalysen können die Zusammenhänge zwischen den Produktionssonden und den Injektoren deutlich gemacht werden. Aus den Erkenntnissen dieser Analysen lassen sich Strategien für die Planung von Sondenbehandlungen, Optimierung und Zuteilung von Injektionsmengen der einzelnen Injektoren und Vergleiche über die Effektivität der einzelnen Injektoren ableiten.¹⁴¹ Basierend auf den erhaltenen Daten lassen sich daraus wirtschaftliche Bewertungen der erhaltenen Cluster durchführen, was einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtkosten in den jeweiligen Abschnitten der Flutwasseranlage haben kann.¹⁴²

3.4.4 Formulierung und Implementierung von Maßnahmen

Die Kostenanalyse schafft die Grundlage für die darauf aufbauende Kostenbeeinflussung. Die Formulierung der Maßnahmen, die in diesem Zusammenhang zu einer positiven Beeinflussung führen, ist durchzuführen. Der Umfang kann von einer Einzelmaßnahme bis zu einem Maßnahmenbündel reichen. Um passende Maßnahmen auswählen zu können, sind diese fallweise oder permanent zu bestimmen und anschließend zu bewerten. Eine derartige Bewertung kann, aufgrund der möglichen Komplexität des Systems und grundlegenden Kriterien (wie beispielsweise Wirtschaftlichkeit oder Durchführbarkeit), von einer intuitiven Abschätzung bis hin zu einer detaillierten Berechnung reichen. Auf der Grundlage von sorgfältigen und genauen Analysen der Kostensituation und Kostentreiber sind schließlich geeignete Maßnahmen zur Beeinflussung zu implementieren. Für eine Implementierung dieser Maßnahmen ist es folglich notwendig, die operative Umsetzung zu gewährleisten. Hier verzögern oder verhindern oftmals Störfaktoren (wechselnde Prioritäten oder Interessen der Unternehmensführung) diesen Prozess. Um folglich eine reibungslose Durchführung der Implementierung zu gewährleisten, sind Rahmenbedingungen zu schaffen.¹⁴³

3.5 Kosten im Bereich Produktionswasser Management (PWM)

Die Erfassung aller, auf Wasser zurückzuführenden, Kosten gestaltet sich grundsätzlich sehr schwierig. Viele Unternehmen in der Öl- und Gasindustrie haben in den letzten Jahren ihre Anstrengungen in diesem Bereich erhöht. Die Literatur bietet jedoch im Normalfall nur Fallbeispiele im Zusammenhang mit PWM, die nicht direkt übernommen werden können.¹⁴⁴

Aus diesem Grund müssen die entsprechenden Kosten für ein Unternehmen jeweils separat bestimmt werden, um ein entsprechend aussagekräftiges Ergebnis zu erlan-

¹⁴¹ Vgl. Voznyuk et al. (2014), S.1ff

¹⁴² Vgl. Zakirov et al. (2012), S.4

¹⁴³ Vgl. Franz (2002), S.18

¹⁴⁴ Vgl. Theodoridou (2013), S.116

gen. Eine Erhebung aller kostenverursachenden Faktoren im Zusammenhang mit Wasser stellt daher die Basis für alle weiteren Untersuchungen.

Die folgende Auflistung beinhaltet die gängigsten Kostenverursacher:

- Pumpen
- Elektrizität
- Behandlungsmaterial
- Lagerkosten
- Behandlung von Reststoffen
- Leitungen
- Wartung
- Chemikalien
- Personal
- Bewilligungen
- Injektion
- Kontrollsystem
- Transport (LKW)
- Stillstands Zeit aufgrund von Reparaturen
- Andere Langzeit-Belastungen¹⁴⁵

Effizientes Wassermanagement in der Öl- und Gasindustrie stellt einen signifikanten Bestandteil der Profitabilität der einzelnen Sonden dar. Die dafür anfallenden Kosten werden von verschiedenen Faktoren (Lage, Infrastruktur, Wasserqualität, etc.) beeinflusst und liegen Schätzungen zu Folge weltweit zwischen \$0,01/bbl und \$5/bbl.¹⁴⁶

Wie sich die Kosten von Produktionswasser in einem multinationalen Ölkonzern verteilen können, haben Khatb & Verbeek¹⁴⁷ im Auftrage der Shell analysiert und 2003 publiziert. Die Kosten beliefen sich in dieser Analyse auf \$0,578/bbl. Wasser. Abbildung 13 zeigt die Kosten, wie sich diese zusammensetzen.

Re-Injektion ist seit geraumer Zeit eine gängige Methode für den Umgang mit Produktionswasser in der Öl- & Gasindustrie. Dies kann jedoch sehr aufwendig und teuer sein und bis zu 50% der Betriebskosten einer Sonde betragen. Ein Vergleich der Gesamtkosten oder gar die Ableitung derselben von einem Unternehmen auf ein anderes ist sehr schwierig, da diese die Kosten für die Beseitigung oder Re-Injektion unterschiedlich buchen. Grundsätzlich gibt es drei Bestandteile der Gesamtkosten, die erfasst werden müssen: Investitionskosten, Betriebskosten und Transportkosten.

- Investitionskosten sind in diesem Zusammenhang mit dem Errichten (Bohren) von Injektionssonden oder der Umwandlung von unrentablen Produktionssonden in Injektionssonden zu erfassen. Zusätzlich

¹⁴⁵ Vgl. Veil et al. (2004), S.64

¹⁴⁶ Vgl. Drewes et al. (2011), S.3

¹⁴⁷ Vgl. Khatib und Verbeek. S.2

müssen die Kosten für die Errichtung von Obertageequipment für die Abtrennung des Wassers von Öl berücksichtigt werden. Der effektive Betrieb einer Flutwasseranlage beinhaltet sowohl technische als auch ökonomische Überlegungen. Für eine ökonomische Bewertung einer Flutwasseranlage sind die Ermittlung der Produktions- und Injektionsraten notwendig, sowie die Bewertung der langfristigen Gewinnung der einzelnen Sonden über die gesamte Lebensdauer hinweg. Diese Bewertung führt zu den Daten über künftig notwendige Investitionen und die dazugehörigen Betriebskosten.¹⁴⁸

- Betriebskosten umfassen unter anderem Aufwendungen für Elektrizität der Pumpen, Filter, Reparaturen, Sondenbehandlungen und gegebenenfalls Chemikalien für den Schutz des Bohrlochs. Energiekosten beinhalten die Beleuchtung, Transport, Heizen, Energie für Pumpen (ober- und untertage), Oberflächenequipment und Produktionsseinrichtungen. Der Strom kann entweder vor Ort produziert oder aus externen Quellen zugekauft werden. Eine Optimierung der Energieversorgung und der Energieverbräuche kann zu erheblichen Kosteneinsparungen in diesem Bereich führen. Generell haben Betreiber von den Energie-Verbräuchen der einzelnen Sonden keine genauen Daten. Dies kann jedoch durch eine routinemäßige Stromverbrauchsmessung leicht geändert werden, um eventuell ineffektive Pumpen/Sonden zu identifizieren. Dies wird jedoch nur selten durchgeführt. Darüber hinaus sind Stromrechnungen meist nicht auf einzelne Sonden ausgelegt, sondern umfassen ganze Felder, was die Identifikation einzelner Pumpverbräuche über die Rechnungen selbst nicht möglich macht.¹⁴⁹

Die Energieverbräuche stellen den größten Teil der Betriebskosten der Rohrleitungen dar. Der Grund hierfür sind große Pumpen und/oder Kompressoren die große Mengen an Energie für die Weiterleitung der Flüssigkeiten benötigen.¹⁵⁰

- Transportkosten des Wassers von der Produktion bis zur Re-Injektion. Dies kann durch Leitungen oder LKW-Transporte durchgeführt werden und hängt sowohl von den Mengen als auch von der Lage der Produktionssonde ab und kann von wenigen Cent pro Kubikmeter für den Leitungstransport bis hin zu mehreren Euro pro Kubikmeter für den LKW-Transport betragen.

¹⁴⁸ Vgl. Willhite (1986), S.204

¹⁴⁹ Vgl. Reedy und Ershaghi (2006), S.2

¹⁵⁰ Vgl. Stanley et al. (2007), S.2

All diese Kosten müssen in Betracht gezogen werden, wenn eine Kostenanalyse im Bereich des PWM durchführen möchte. Diese Kosten können sowohl von Region zu Region, als auch innerhalb einer Region für einzelne Sonden sehr unterschiedlich ausfallen. Geringe Kosten sind meist ein Anzeichen für eine sehr gut ausgebaute Infrastruktur, die das kostengünstige Bewältigen des Produktionswassers ermöglichen.¹⁵¹

¹⁵¹ Vgl. Yates (2006), S.78f

4 Praktischer Teil

4.1 Herangehensweise

Um die, auf das Produktionswasser bezogenen, anfallenden Kosten überhaupt ermitteln zu können, war es einerseits notwendig, den Wasserkreislauf von der Produktion bis zur Re-Injektion im RAG FBO-OST detailliert darzustellen und darauf aufbauend einen Netzplan zu erstellen, der alle kostenbeeinflussenden Komponenten beinhaltet. Da der Aufbau des Sonden- und Stationsnetzes wesentlich für die darauf basierenden Kosten ist, wurde mit Unterstützung der Betreuer des RAG FBO-OST der bestehende Netzplan überarbeitet und aktualisiert. Die einzelnen Kosten wurden anschließend für alle relevanten Abschnitte ermittelt, gefiltert und analysiert, was, zeitlich gesehen, die größte Herausforderung darstellte. Mit den daraus gewonnenen Daten wurden die Kosten für jeden Abschnitt im gesamten Betrachtungszeitraum analysiert und ausgewertet. Des Weiteren wurde für jede Sonde separat der individuelle Wasserkreislauf erstellt und analysiert um, sowohl die jeweiligen Abschnitte, als auch die einzelnen Sonden untereinander vergleichen zu können um eventuelle Kostentreiber zu identifizieren. Aus diesen Analysen sollten möglich Optimierungspotentiale erkannt und aufgezeigt werden.

4.1.1 Schematischer Aufbau des Wasserkreislaufs der RAG FBO-OST

Jeder Kubikmeter Formationswasser, der im RAG FBO-OST produziert wird, durchläuft einen bestimmten Kreislauf von der Produktion bis zur Re-Injektion. Um die anfallenden Kosten bestmöglich zuordnen zu können, wurde der Kreislauf in fünf signifikante Abschnitte unterteilt: Produktion, Produktionswasser Transport, Aufbereitung, Flutwassertransport und Injektion. (s. Abbildung 16)

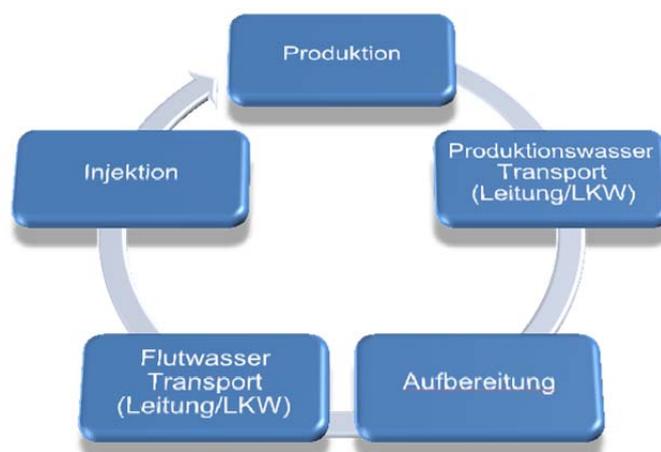
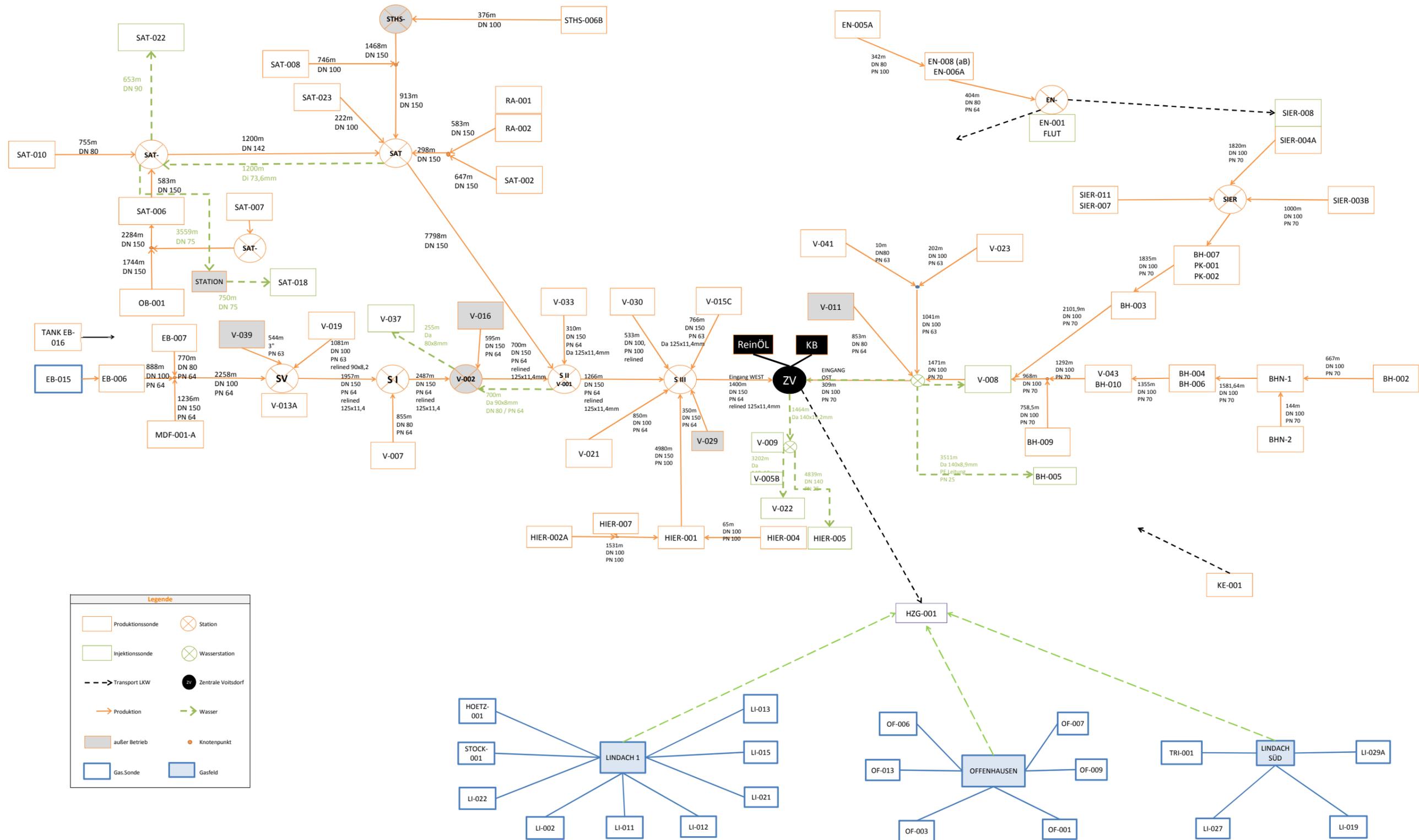


Abbildung 16: Wasserkreislauf RAG FBO-OST



- **Produktion:** Die einzelnen Sonden im RAG FBO-OST produzieren, entsprechend des Verwässerungsgrades, ein Gemisch aus Öl und Formationswasser. Sowohl der Grad der Verwässerung als auch die Mengen an Wasser, die in den einzelnen Sonden zu Tage gefördert werden, können stark variieren. Sonden mit einer vernachlässigbaren Verwässerung, die als Reinölsonden betrachtet werden können, sind ebenso vorhanden wie Sonden mit einer Verwässerung von über 99%.
- **Produktionswassertransport:** In dieser Betrachtung wird zwischen Produktionswassertransport und Flutwassertransport unterschieden. Als Produktionswassertransport wird grundsätzlich der Transport des produzierten Formationswassers von den einzelnen Sonden bis zur Aufbereitung in der Zentrale Krift, oder der partiellen Abtrennung an den Stationen SAT-SAT & SII bezeichnet. Dieser Transport findet entweder durch das RAG-Leitungsnetz oder mittels LKW-Transporten statt. Der Transport des produzierten Formationswassers bis zu den jeweiligen Knotenpunkten an den Stationen SAT-SAT & SII, an denen mit Hilfe von Chemikalien (Emulsionsbrecher) eine Abtrennung vom Öl stattfindet, wird als Produktionswassertransport bezeichnet, wohingegen der Weitertransport des, an diesen Knotenpunkten abgeschiedenen, Wassers zu den jeweiligen Injektoren als Flutwassertransport bezeichnet wird. Die Unterscheidung zwischen Produktionswasser- und Flutwassertransport, ist für spätere Analysen und Vergleiche der einzelnen Sonden untereinander von Nöten, da sich die Charakteristik der transportierten Mengen und damit zusammenhängend die Kosten zwischen beiden Varianten stark unterscheiden.
- **Aufbereitung:** Die Aufbereitung des größten Teils der Produktion findet in der Zentrale Voitsdorf statt. Hier wird das angefallene Produktionswasser vom Öl mittels Chemikalien in Tanks abgetrennt, aufbereitet und durch das Leitungsnetz zu den einzelnen Injektoren geleitet, wobei die Wasserqualität ständig kontrolliert wird. Eine zusätzliche Aufbereitung für die Mengen an Produktionswasser, die an den Stationen SAT-SAT & SII abgetrennt werden, findet nicht statt. Die Produktion aus dem Feld Engenfeld wird an der Station EN-001 vor Ort in Öl und Wasser aufgespalten. Das abgeschiedene Flutwasser wird in an die Injektoren EN-001 und SIER-8 (LKW) weitergeleitet und das produzierte Rohöl an die Zentrale Krift via LKW-Transport geliefert. Die Mengen an produziertem Formationswasser aus den Gassonden werden ebenfalls im Betrachtungszeitraum in den Wintermonaten in der Zentrale Krift aufbereitet sonst direkt in der „Schlucksonde“ HZG-001 verpumpt.

- Flutwassertransport: Als Flutwassertransport wird sowohl der Wassertransport nach der Aufbereitung von der Zentrale Krift zu den entsprechenden Injektoren in der Flutanlage Voitsdorf, als auch der Wassertransport nach der Abtrennung an den Stationen SAT-SAT, SII und EN-001 zu den jeweiligen Injektoren bezeichnet. Die Transporte zur „Schlucksonde“ HZG-001 der produzierten Mengen an Formationswasser aus den Gasfeldern wird ebenso als Flutwassertransport in die Betrachtung aufgenommen, wie die Transporte zu selbigem Injektor von der Zentrale Krift. Der Flutwassertransport findet entweder in eigenen Flutwasserleitungen statt oder wird durch regelmäßige LKW-Transporte durchgeführt. Die, im RAG FBO-OST betrachteten Transportwege sind wie folgt:

Ursprung	Ziel
EN-001	SIER-008
SAT-SAT	SAT-003
SAT-003	SAT-022
SAT-003	SAT-012/018
SII	V-002
V-002	V-037
ZV (Krift)	Flutanlage Voitsdorf (alle Injektoren*)
ZV (Krift)	HZG-001
Gasfelder (Li1,LiS,OF6)	HZG-001

Tabelle 3: Flutwassertransportwege – RAG FBO-OST

- Injektion: Die RAG verfügt im FBO-OST über mehrere, im gesamten Bereich verteilte, Injektorsonden, die mit unterschiedlichen Mengen an Flutwasser beliefert werden. Diese Injektoren dienen dem Verpumpen der enormen Mengen an produziertem Formationswasser und zur Produktionssteigerung. Die RAG betreibt im Bereich OST folgende Injektorsonden:

Injektoren RAG FBO-OST

BH-005*

EN-001

HIER-005*

HZG-001

SAT-018

SAT-022A

SIER-008

V-008*

V-009*

V-022*

V-037

Tabelle 4: Injektoren RAG FBO-OST

Am Beispiel der Sonde STHS-006B (Abbildung 18) kann ein solcher Wasserkreislauf nun gut sichtbar gemacht werden. Das Beispiel STHS-006B (Periode 2011) zeigt aber auch die Komplexität des gesamten Systems und damit zusammenhängend die Herausforderung, die dieses Projekt an alle Beteiligten gestellt hat.

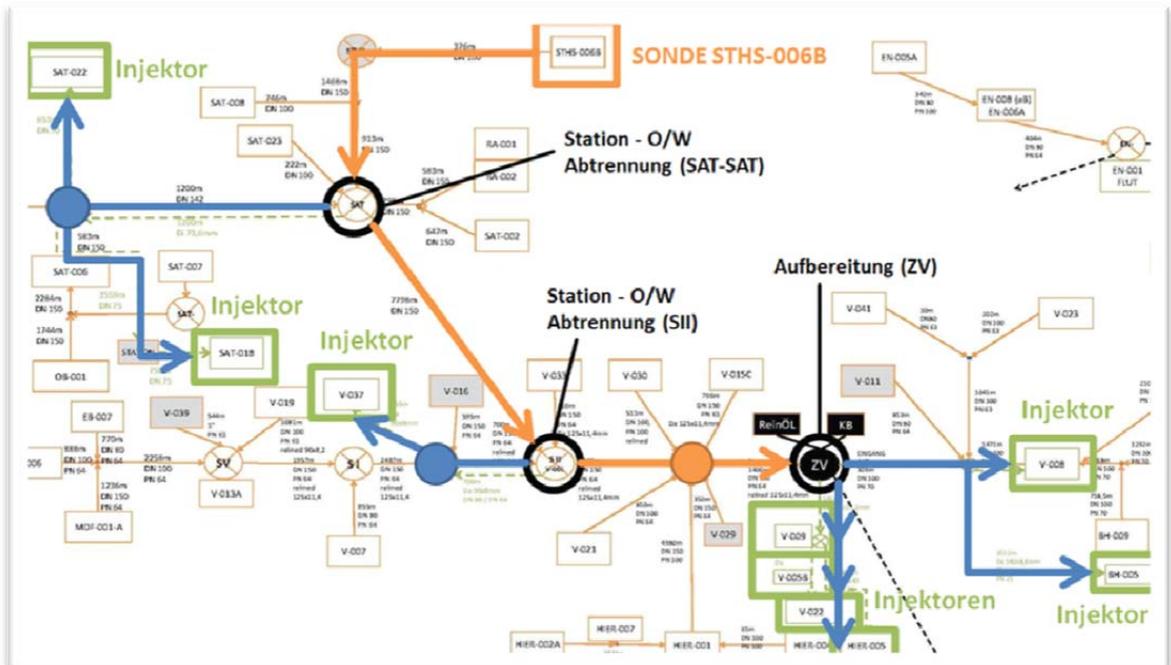


Abbildung 18: Beispiel für Wasserkreislauf

Die Sonde STHS-006B produzierte in der Periode 2011 6.584,547 m³, wovon 758,027 m³ auf Rohöl und 5.826,520 m³ auf Formationswasser entfallen. Diese Daten sind direkt dem PRODCOM¹⁵² zu entnehmen. Das Gemisch aus Öl und Wasser wird durch Leitungen über die Station STHS-005 bis zur Station SAT-SAT transportiert. Dort findet eine erste O/W-Abtrennung statt und das abgeschiedene Formationswasser wird zu den Injektoren SAT-022 & SAT-012/018 geleitet. Das restliche Volumen dieser Sonde wird von der Station SAT-SAT zur Station SII geleitet, wo die zweite O/W-Abtrennung stattfindet und das abgeschiedene Flutwasser an den Injektor V-037 geliefert. Das Restvolumen wird über die Station SIII zur Zentrale Krift transportiert, wo die letzte O/W-Abtrennung stattfindet und das übrige Flutwasser in der Flutanlage Voitsdorf, die aus mehreren Injektoren besteht, verpumpt wird.

Um für jede einzelne Sonde einen eigenen Wasserkreislauf erstellen zu können, und somit eine genaue und detaillierte Analyse des gesamten Sondenbestands im Bereich Ost durchführen zu können, war es also notwendig, die genauen Mengen zu kennen, mit der jede einzelne Sonde im Bereich OST das System an jedem beliebigen Punkt im

¹⁵² PRODCOM ist eine Software, die firmenintern genutzt wird um den gesamten Produktionsverlauf in einer Datenbank aufzuzeichnen.

System belastet. Dies erfolgte über die, eigens für dieses Projekt erstellte, Öl/Wasser-Mengenbilanz für den gesamten Bereich OST.

4.1.2 Erstellung der Öl/Wasser-Mengenbilanz im RAG FBO-OST

Um die Kosten der einzelnen Sonden, die durch das produzierte Formationswasser in den jeweiligen Bereichen entstehen, evaluieren zu können, ist es, wie schon in Abschnitt 4.1.1 erwähnt, zwingend notwendig die genauen Mengen an Öl und Wasser zu kennen, mit denen die Sonden das System in jedem Abschnitt belasten. Einer der wichtigsten Punkte in der gesamten Arbeit war daher die Erstellung der O/W-Mengenbilanz für den gesamten Bereich im Betrachtungszeitraum 2011-2013, wobei die Erstellung des Wasserkreislaufs für jede Sonde einzeln für jedes Jahr in diesen Zeitraum erfolgte. Die Produktionsdaten der einzelnen Sonden aus dem RAG-PRODCOM dienten hierbei als Ausgangspunkt. Mit Hilfe einer, in Excel eigens erstellten, Mengenbilanz ist es möglich, die genauen Mengen an Öl und Wasser jeder Sonde, jeder Station und jedes Knotenpunktes im gesamten Kreislauf zu jedem Zeitpunkt zu ermitteln. Jeder Kubikmeter Produktionswasser kann also im System nachverfolgt und die dadurch entstandenen Kosten eruiert werden. Diese Mengenbilanz beinhaltet auch die Mengen verunreinigten Wassers, die mittels LKW-Transporten aus den Bereichen Mitte und West in der Zentrale Krift angeliefert wurden. Dies ermöglicht in einem weiteren Schritt die Kosten, welche für Aufbereitung, Flutwassertransport und Injektion angefallen sind, zur Gänze zu berechnen. Nachdem jeder Kubikmeter produzierten Formationswassers den Wasserkreislauf durchläuft, dienen die Daten über die Mengen an Flutwasser an den einzelnen Injektoren, die ebenfalls aus dem RAG-PRODCOM entnommen wurden, als Kontrolle für die Genauigkeit der Berechnungen. Angesichts der Tatsache dass jeder Kubikmeter Produktionswasser, der im Bereich Ost gefördert wird auch wieder re-injiziert wird, müssen sich die Daten decken. Kleine Abweichungen aufgrund von Verdunstung oder Regenwasser, die die Gesamtbilanz beeinflussen, werden hier nicht berücksichtigt.

Mit Hilfe dieser O/W-Bilanz ist es ebenfalls möglich, die genauen Anteile und damit zusammenhängend die genauen Mengen [m³] zu bestimmen, die jede Sonde an jeden beliebigen Injektor liefert. Daher ist es auch möglich, für jede Sonde einen individuellen Kreislauf zu erstellen, der alle Kosten, die das Formationswasser von der Produktion zur Re-Injektion verursacht, widerspiegelt. Dies ermöglicht auch einen direkten Vergleich der einzelnen Sonden untereinander und macht eine genaue Analyse der kostengünstigen und kostentreibenden Sonden für den gesamten Bereich in allen Perioden möglich. Aufgrund der, für jede Sonde separat erstellten, Wasserkreisläufe, können sowohl die einzelnen Sonden als auch die einzelnen Abschnitte – Produktion, Produktionswassertransport, Aufbereitung, Flutwassertransport, Injektion – für jede Sonde sehr gut untereinander verglichen und mögliche Optimierungspotentiale sichtbar gemacht werden.

4.2 Ermittlung der Kosten in den einzelnen Abschnitten

Die Ermittlung der einzelnen Kosten, die explizit durch das geförderte Formationswasser im gesamten RAG FBO-OST Kreislauf entstehen, gestaltete sich aufgrund der bestehenden SAP Struktur als äußerst aufwendig und zeitintensiv. Aus der bestehenden SAP Struktur konnten, die durch Formationswasser entstandene Kosten, nicht direkt entnommen werden, sondern mussten separat angefordert und konnten schließlich nur durch Mithilfe der RAG-Betreuer analysiert und gefiltert werden. Ohne das Fachwissen der beteiligten RAG-Betreuer wäre eine derartige Ausführung keinesfalls möglich gewesen, da die Analyse der einzelnen Kosten teilweise nur aufgrund von genauer Kenntnis der Abläufe im RAG FBO-OST möglich war und die relevanten Kosten identifiziert werden konnten. In allen Abschnitten des Wasserkreislaufs wurden anfallende Kosten eruiert, analysiert und gefiltert. Diese sehr detaillierte und äußerst zeitaufwendige Prozedur wurde in Zusammenarbeit mit den RAG-Betreuern durchgeführt und mehrfach überprüft.

4.2.1 Kosten im Abschnitt Produktion

Die Gesamtkosten für das zu Tage geförderte Formationswasser im Abschnitt Produktion umfassen Kosten im Bereich der Energie, Chemikalieneinsatz und V-Aufträge.

- Die Energiekosten in diesem Abschnitt wurden für jede Sonde einzeln ermittelt. Aufgrund der Tatsache, dass für die meisten Sonden keine Verbrauchsmessungen vorhanden waren und somit auch keine Kosten ermittelt werden konnten, mussten die einzelnen Verbräuche separat durch RAG-Mitarbeiter aufgenommen werden. Zur Ermittlung der, nur auf das produzierte Wasser bezogenen, Kosten wurden die Mengen (Wasser – Öl) verhältnismäßig errechnet und dann die Kosten zugeordnet. Die dafür notwendigen Informationen wurden aus den Produktionsdaten (PRODCOM) entnommen und berücksichtigen auch die Stand- und Ausfallzeiten der einzelnen Sonden im gesamten Betrachtungszeitraum. Die RAG verfügt über eine eigene Stromerzeugung durch ein BHKW¹⁵³ in der Station KRIFT, welches mit Gas aus Eigenproduktion betrieben wird. Aufgrund der Eigenstromproduktion ist es möglich, den größten Teil der Sonden und Stationen mit Energie zu versorgen. Um einen Richtwert für die Kosten pro Megawattstunde zu erhalten, wurde der mögliche Verkaufserlös von 35 €/MWh an den hiesigen Stromversorger herangenommen. Die Sonden, die nicht mit Eigenstrom betrieben werden, werden durch örtliche Energieanbieter mit Strom versorgt. Die Kosten dafür wurden separat aus den entsprechenden Quellen entnommen und bewegen sich zwischen 140,00-165,00 €/MWh (bei Gas-Sonden zwischen 160-230 €/MWh). Die Stromversorgung durch einen externen Anbieter ist also erheblich teurer als die Versorgung durch Eigenstrom und

¹⁵³ BHKW bezeichnet das RAG-eigene Blockheizkraftwerk am Standort Krift, welches zur Eigenstromerzeugung betrieben wird.

spiegelt sich dementsprechend auch in den Kosten für das produzierte Formationswasser wieder und wird im Laufe dieser Arbeit noch näher behandelt.

- Relevante Kosten im Abschnitt Produktion für den Einsatz von Chemikalien, die dem mitproduzierten Wasser zugrunde liegen, sind nur im Bereich der Gas-Sonden zu finden. Für den Einsatz von Schäumer (FMW85307), Entschäumer (DFW85685) und Sticks wurden die Mengen und Kosten aus den vorhandenen Daten entnommen und den Gas-Sonden feldweise zugeordnet. Aufgrund von fehlenden Informationen über die Mengen an Kalk-Inhibitoren (SI4041) für die Ölproduktion, konnten diese Daten nicht in die Gesamtberechnung eingebunden werden. Der monetäre Aufwand hierfür hält sich aber in Grenzen und beeinflusst das Gesamtergebnis nicht wesentlich. Eine Aufstellung der eingesetzten Chemikalien ist in Abschnitt 4.8 zu finden.
- Die Verrechnungs-Aufträge (V-Aufträge) wurden aus der Buchhaltung angefordert und aus dem SAP entnommen. Aufgrund des, nicht auf die Produktionswasserkosten abgestimmten, EDV-Systems war es nur in Zusammenarbeit mit den RAG-Betreuern möglich, diese Daten zu filtern und auszuwerten um ausschließlich die relevanten Kosten zu ermitteln.
- Aufwendungen für Abschreibungen (AfA), die auf das Wasser zurückzuführen sind wurden aus der Buchhaltung angefordert und ebenfalls berücksichtigt. Diese Abschreibungen betreffen jedoch nur gewisse Teile der Anlagen und haben somit einen gravierenden Einfluss auf die einzelnen Kosten und damit zusammenhängend die Analysen welche zu eventuellen Optimierungspotentialen führen sollen. Aus diesem Grund wurden die meisten Betrachtungen ohne die Einrechnung der Abschreibungen durchgeführt um ein qualitativ hochwertiges Ergebnis zu erhalten.

4.2.2 Kosten im Abschnitt Produktionswassertransport

Die einzelnen Sonden produzieren anteilig Öl, Gas und Wasser und leiten dieses Gemisch ins Leitungsnetz ein. In dieser Arbeit wird der Produktionswassertransport als Prozess betrachtet, für den zusätzlicher Aufwand betrieben werden muss, um das, an die Oberfläche produzierte Formationswasser, über einzelne Stationen mittels Pumpen durch Leitungen oder via Transport durch LKWs zur nächsten Station oder Aufbereitung in der Zentrale Krift zu befördern. Die Kosten, die in diesem Abschnitt anfallen, wurden ermittelt und können grundsätzlich in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- Leitungstransport
- LKW-Transport.

Durch intensive Recherchen der zur Verfügung stehenden Unterlagen, war es möglich die Kosten hier genau zu eruieren und zuzuordnen. Eine Aufstellung ist in Abschnitt 4.4.2 zu finden.

- Der Leitungstransport erfordert Energiekosten die an den einzelnen Stationen durch Pumpen anfallen. Diese Energiekosten wurden größtenteils mittels Verbrauchsmessungen erhoben und auf Basis der Eigenstromproduktion im BHKW berechnet. Externe Energiezuzäufe wurden separat aufgenommen und aufgrund der vorhandenen Abrechnungen mit dem Strombetreiber in die Kostenaufstellung erfasst. Auch hier ist eine gravierende Abweichung der Kosten (€/MWh) zwischen Eigenproduktion und Fremdstromzukauf erkennbar.

Kosten für Molchungen wurden ebenso aufgenommen wie die, durch Wasser entstandenen, Kosten aus V-Aufträgen und dem Chemieeinsatz. Der Einsatz von Chemikalien (Emulsionsbrecher, DMO86102) an den Stationen SAT-SAT und SII ist für die Abspaltung Öl/Wasser notwendig, da an diesen Stationen die nötigen Teilvolumina für einzelne Injektoren abgezweigt werden. Um eine vollständige Kostenaufstellung zu erhalten wurden auch die betreffenden Aufwendungen für Abschreibungen (AfA) aus der Buchhaltung angefordert und in die Gesamtbetrachtung aufgenommen.

- Der LKW Transport wird durch externe Unternehmen durchgeführt und verrechnet. Die Kosten für LKW Transporte wurden gesondert aus den Unterlagen erhoben und wurden anteilig (Öl/Wasser) in die Berechnungen aufgenommen.

4.2.3 Kosten im Abschnitt Aufbereitung

Die Kosten, die in der Zentrale Krift für den Betrachtungszeitraum entstanden sind, wurden erhoben und in zwei Teilbereiche getrennt. Die Kosten für die Aufbereitung und die Kosten für das Klärbecken für die Anlieferungen aus externen bzw. betriebsinternen Bereichen.

- Die Kosten für die Aufbereitung in der Zentrale Krift (ZV) umfassen den Einsatz von Chemikalien (Emulsionsbrecher DMO86102, Biozid XC82332), Energiekosten, die Personalkosten für einen Labortechniker der einen Gutteil der Zeit in die Überprüfung der Wasserqualität investiert, IST-Kosten und V-Aufträge. Die dafür notwendigen Unterlagen wurden von der Buchhaltung angefordert, gefiltert und die betreffenden Kosten in die Betrachtung aufgenommen. Selbiges gilt für Abschreibungen in diesem Abschnitt.
- Die Kosten, die durch angelieferte Mengen an Öl/Wasser Gemisch im Klärbecken entstehen wurden separat aufgenommen und umfassen Energiekosten, IST-Kosten und Kosten durch V-Aufträge (z.B. Reinigung, Reparaturen, etc.). Hinzu kommen noch die Aufwendungen für Abschreibungen, für Objekte welche im Zusammenhang mit produziertem Wasser stehen.

4.2.4 Kosten im Abschnitt Flutwassertransport

Ähnlich wie auch im Abschnitt Produktionswasser, lassen sich die Kosten in diesem Bereich in zwei Kategorien unterteilen. Der Transport von Wasser in den einzelnen Leitungen und mittels LKW Transport.

- Die Energiekosten für den Leitungstransport wurden auch hier durch Verbrauchsmessungen an den einzelnen Stationen erhoben und auf Basis der Eigenstromproduktion errechnet. Ebenso wie im Abschnitt Produktionswassertransport, sind auch hier gravierende Unterschiede zwischen den Kosten (€/MWh) des Fremdzukaufs und der Eigenproduktion erkennbar. Im Unterschied zum Abschnitt Produktionswassertransport werden die Energiekosten hier gänzlich dem Wasser zugeordnet, da eine Öl/Wasser Abscheidung mittels Chemieeinsatz im Vorfeld stattfindet und somit die gesamten Kosten dem produzierten Wasser anrechenbar sind. Die nötigen Kosten für Chemikalien in diesem Abschnitt betreffen den Einsatz von Biozid (XC82332), in den Stationen SAT-SAT bzw. SII, und wurden für den gesamten Betrachtungszeitraum erhoben. Einen weiteren Kostenpunkt stellen die erforderlichen Leitungsbegehungen und Molchungen für die einzelnen Leitungen dar. Als letzter Punkt wurden die Aufwendungen für Abschreibungen identifiziert und zugeordnet.
- Der LKW Transport wird auch hier durch externe Unternehmen durchgeführt und verrechnet. Die Kosten für LKW Transporte können gänzlich in die Berechnungen aufgenommen werden.

4.2.5 Kosten im Abschnitt Injektion

Die Injektoren bilden das Herzstück des gesamten Kreislaufs und bedurften besonderer Aufmerksamkeit.

- Energiekosten wurden, wie auch schon in den vorhergehenden Abschnitten, mittels Verbrauchsmessungen an den einzelnen Injektoren ermittelt und via Eigenstromproduktion in die Kostenberechnung übernommen. Auch hier wurden die unterschiedlichen Kosten (€/MWh) für Eigenproduktion und externen Zukauf ersichtlich.
- Die Kosten für Sondenbehandlungen (SBH) an den einzelnen Injektoren wurden aus der Buchhaltung angefordert und dem RAG-SAP entnommen. Aufgrund der Tatsache, dass nur die relevanten Kosten bezogen auf das angefallene Wasser benötigt wurden, mussten die Daten gefiltert und mit Hilfe der RAG Betreuer ausgewertet werden. Die aktuelle SAP-Struktur der RAG lässt es nicht zu, auf Wasser zurückzuführende Kosten im gesamten Kreislauf direkt zu entnehmen.
- Die IST-Kosten wurden ebenfalls aus der Buchhaltung angefordert und, ähnlich wie auch bei den Kosten für die Sondenbehandlungen, analysiert, gefiltert und ausgewertet.

- Verrechnungs-Aufträge, sind einzelnen Verursachern nicht direkt zurechenbar und wurden in Zusammenarbeit mit den RAG-Betreuern analysiert, gefiltert und dann den Verursachern zugeordnet.
- Pacht und Servituts Zahlungen für Grundstücke auf denen sich die einzelnen Injektoren befinden wurden gesondert aus der Buchhaltung angefordert und in die Berechnungen aufgenommen.

4.3 Wasserkreislauf am Beispiel der Sonde STHS-006B im Jahr 2011

Am Beispiel der Sonde STHS-006B für das Jahr 2011 (Abbildung 18) –siehe Kapitel 4.1.1- kann, mit Hilfe der erstellten O/W-Mengenbilanz, der Wasserkreislauf nun sehr gut gezeigt werden:

Die Sonde STHS-006B produzierte im Betrachtungszeitraum 2011 6.584,547 m³, wovon 758,027 m³ auf Rohöl und 5.826,520 m³ auf Formationswasser entfallen. Das gesamt produzierte Volumen wird in diesem Fall durch das Leitungsnetz zur Station SAT-SAT transportiert, wo eine erste O/W- Abtrennung mittels Chemikalien (Emulsionsbrecher) erfolgt. Das abgetrennte Formationswasser wird von der Station SAT-SAT zur Station SAT-003 und von dort weiter zu den Injektoren SAT-012/018 & SAT-022 geleitet. Der Transport des Wassers nach der Abtrennung vom Rohöl wird als Flutwassertransport bezeichnet. Aufgrund der vorhandenen Daten aus dem PRODCOM, können die jeweiligen Mengen, die die einzelnen Injektoren beziehen abgeleitet werden. Von den ursprünglich produzierten 5.826,520 m³ Formationswasser werden 1.776,85m³ an der Station SAT-SAT abgetrennt, wovon 528,39m³ an den Injektor SAT-022 und 1.248,46m³ an den Injektor SAT-012/018 geleitet werden.

Die restlichen 4049,67m³ werden von der Station SAT-SAT an die Station SII geleitet, wo die zweite O/W Abtrennung stattfindet und 2.258,87m³ abgeschieden werden, die über die Station V-002 zum Injektor V-037 weitergeleitet und dort verpumpt werden.

Die resultierenden 1.790,81m³ Formationswasser, welche sich von der Produktion der Sonde STHS-006B noch im System befinden, werden von der Station SII über die Station SIII zur Zentrale Krift (ZV) transportiert, wo die endgültige O/W Abtrennung erfolgt.

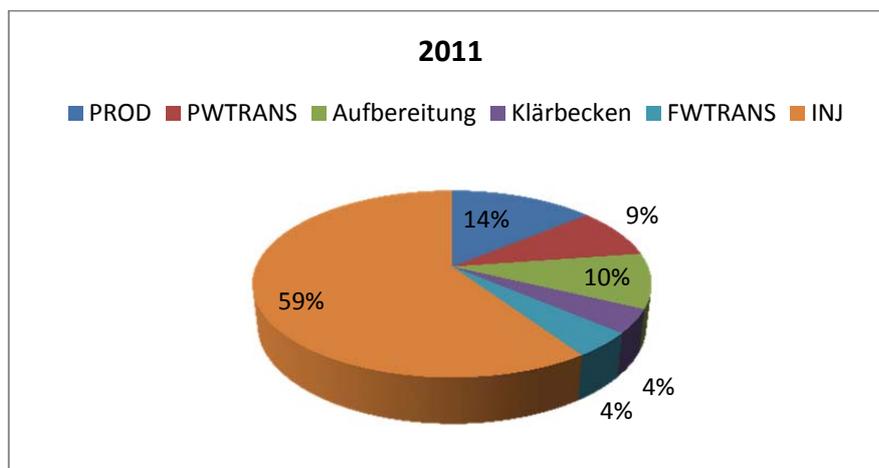
Diese 1790.81m³ produzierten Formationswassers, die letztendlich von der Produktion der Sonde STHS-006B durch das Leitungsnetz an die Zentrale Krift transportiert wurden, werden in der Flutanlage Voitsdorf, verteilt auf die einzelnen Injektoren, verpumpt. Dabei gehen anteilmäßig 132,19m³ an den Injektor V-009, 629,25m³ an den Injektor V-022, 347,41m³ an den Injektor HIER-005, 646,97m³ an den Injektor V-008 und 34,69m³ an den Injektor BH-005.

Die Kosten für diesen, wie auch jeden anderen, Kreislauf jeder Sonde im gesamten FBO-OST können so mit Hilfe der O/W-Bilanz und der eruierten Kosten anteilig, genau zugeordnet werden.

4.4 Ergebnisse

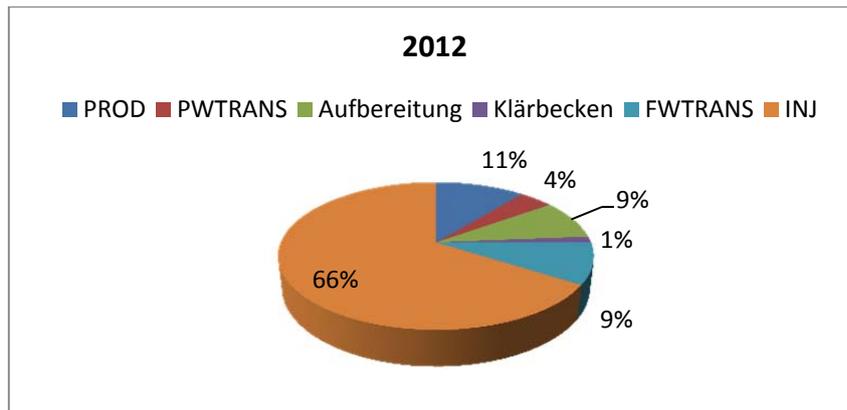
Mit Hilfe der gesammelten Daten konnte für jedes Jahr im gewählten Betrachtungszeitraum ein Gesamtergebnis für den Bereich OST erzielt und die jährlichen Kosten für das produzierte Wasser bestimmt werden. Die Jahre 2011 & 2012 wurden gänzlich betrachtet. Das Jahr 2013 wurde, aufgrund des zeitlichen Verlaufs der Arbeit, bis zum Stichtag 01.08.2013 in die Betrachtung aufgenommen. Daher wird in dieser Arbeit die Bezeichnung (7/12) für die Periode 2013 verwendet, da nur die Daten der ersten 7 Monate betrachtet wurden. In Abbildung 19 bis Abbildung 21 ist die Verteilung der Kosten für die einzelnen Abschnitte in den einzelnen Perioden gut sichtbar und zeigt die dominierende Rolle des Abschnitts Injektion für die Gesamtkosten. Die Kosten der jeweiligen Perioden variieren jedoch teilweise stark und machen weitere Analysen unumgänglich. Die Berechnungen der Gesamtkosten für alle Perioden wurde sowohl mit als auch ohne der Betrachtung der Abschreibungen (Afa) gemacht. Aufgrund des signifikanten Einflusses der Abschreibungen auf Teilbereiche des Wasserkreislaufs und der damit zusammenhängenden, teilweisen Verfälschung des Gesamtergebnisses, wurden die folgenden Analysen ohne Abschreibungen durchgeführt. Da jedoch die Ergebnisse, der Kostenverteilung inkl. Abschreibungen ebenfalls eine Aussagekraft über die Kosten im RAG FBO-OST geben, werden sie im Anhang dargestellt.

Kostenverteilung für den Betrachtungszeitraum 2011-2013



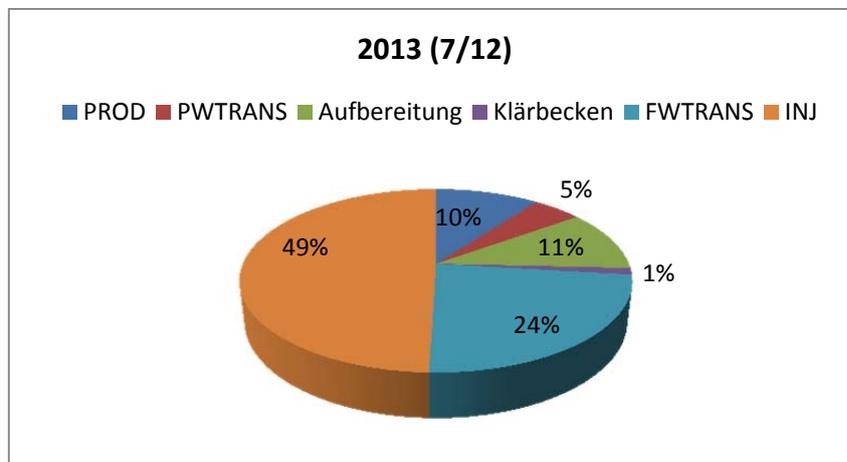
2011	
Produktion	€ 198.698,47
Produktionswasser Transport	€ 123.763,73
Aufbereitung (ZV)	€ 135.083,90
Klärbecken	€ 58.239,02
Flutwasser Transport	€ 61.618,65
Injektion	€ 846.341,02
SUMME	€ 1.423.744,79
Menge [m³]	439.601,06
€/m³	€ 3,24

Abbildung 19: Ergebnis 2011



2012	
Produktion	€ 194.229,53
Produktionswasser Transport	€ 73.737,17
Aufbereitung (ZV)	€ 154.144,63
Klärbecken	€ 24.909,13
Flutwasser Transport	€ 159.864,60
Injektion	€ 1.174.512,72
SUMME	€ 1.781.397,79
Menge [m³]	439.334,71
€/m³	€ 4,05

Abbildung 20: Ergebnis 2012



07/2013	
Produktion	€ 89.447,19
Produktionswasser Transport	€ 42.256,11
Aufbereitung (ZV)	€ 94.247,24
Klärbecken	€ 10.166,27
Flutwasser Transport	€ 206.856,49
Injektion	€ 434.493,50
SUMME	€ 877.466,80
Menge [m³]	242.233,83
€/m³	€ 3,62

Abbildung 21: Ergebnis 2013

Betrachtet man die Kosten [€/m³] aller Sonden im gesamten Bestand für den Zeitraum 2011-07/2013, dann wird eine sehr starke Verzerrung des Resultats sichtbar, die aufgrund von Sonden mit sehr geringen Gesamtkosten [€], die für die Gesamtbetrachtung nicht relevant sind und Gassonden, die im Verlauf der Arbeit separat betrachtet werden, entsteht (s. Abbildung 22). Diese teils gravierenden Abweichungen in den Kosten [€/m³] resultieren vor allem aus den unterschiedlichen Mengen an Produktionswasser. Ölsonden, deren Mengen an Produktionswasser zu keinen signifikanten Kosten [€] führen und demnach für fortführende Analysen uninteressant sind, werden aussortiert. Die Gassonden werden, wie schon erwähnt, separat im Laufe der Arbeit behandelt. Die in Abbildung 22 sichtbaren Sonden, von denen jeder Punkt eine Sonde in einem Jahr darstellt, beziehen sich demnach nur auf die Ölproduktion.

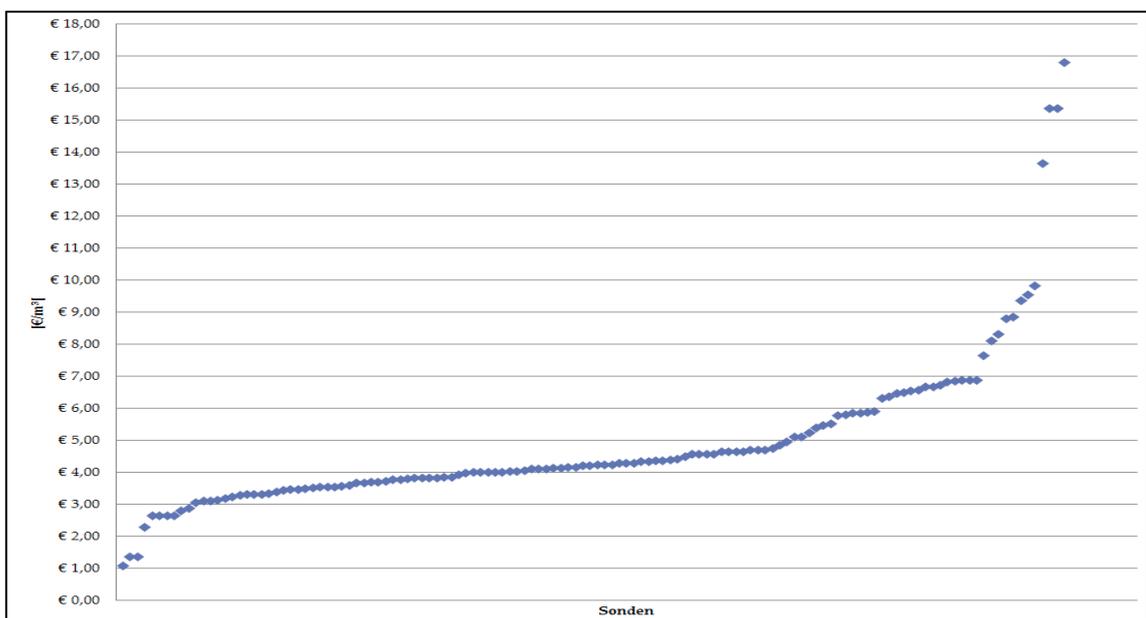


Abbildung 22: Gesamtkosten der einzelnen Sonden [€/m³]

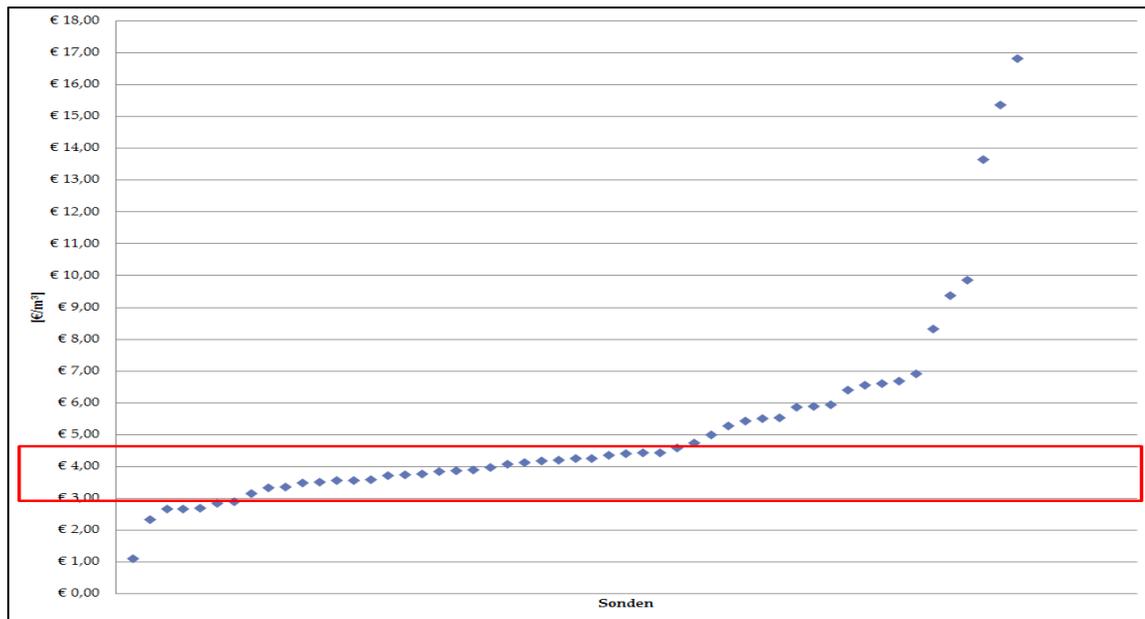


Abbildung 23: Gesamtkosten der einzelnen Sonden [€/m³] – gefiltert

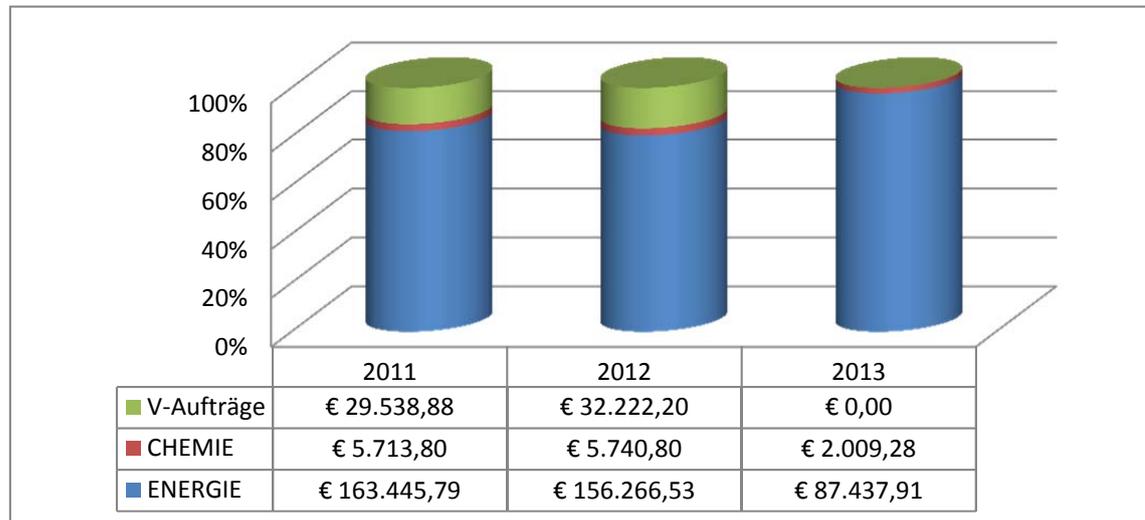
[€/m³]	Anzahl d. Sonden
0 - 1,50	1
1,50 - 3	6
3 - 4,50	25
4,50 - 6	10
6 - 7,50	5
7,50 - 9	1
9+	5

Tabelle 5: Verteilung – Gesamtkosten [€/m³] - gefiltert

Filtert man nicht relevante Sonden und Gassonden aus, erhält man ein sehr viel klareres Bild und ein aussagekräftiger Bereich der Gesamtkosten von 3 - 4,50 €/m³ kann für das Produktionswasser ermittelt werden (s. Abbildung 23). Eine vollständige Liste der Sonden, die in Abbildung 23 zu sehen sind, ist im Anhang zu finden. Um einen genaueren und besseren Einblick in die Kosten und damit zusammenhängend den Kostentreibern der einzelnen Abschnitte zu bekommen, werden diese, anhand der Sonden aus Abbildung 23, in den folgenden Kapiteln separat analysiert.

4.4.1 Produktion

Die, dem Wasser zurechenbaren, Kosten im Abschnitt Produktion setzen sich aus den Aufwendungen für V-Aufträge, Chemie und Energie zusammen.



PRODUKTION			
Jahr	€	m ³	€/m ³
2011	198.698,47	431.977,64	0,46
2012	194.229,53	421.363,16	0,46
07/2013	89.447,19	227.435,83	0,39

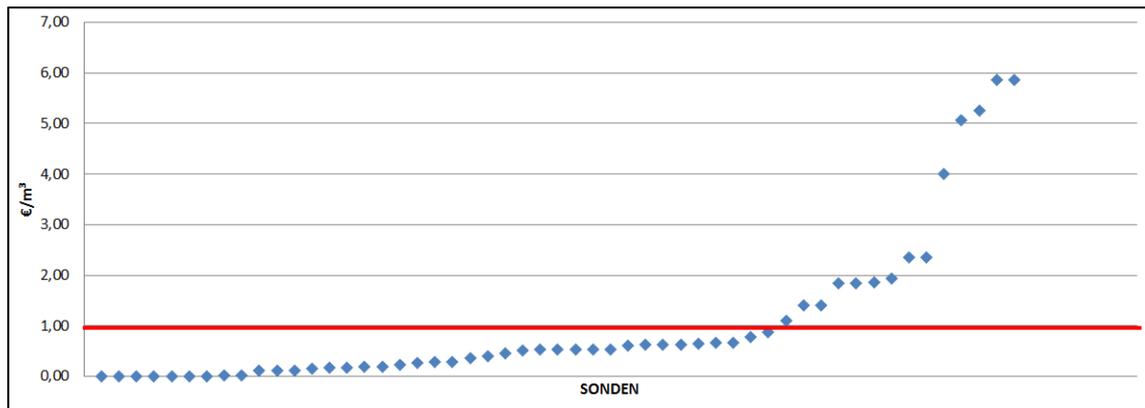
Abbildung 24: Kostenverteilung im Abschnitt Produktion

Wie in Abbildung 24 sichtbar, dominieren im Abschnitt der Produktion die Kosten für Energie. Der Grund für die Dominanz der Energiekosten in diesem Abschnitt ist die Tatsache, dass die Energiekosten, basierend auf dem Grad der Verwässerung der einzelnen Sonden, direkt abgeleitet werden konnten und alle Sonden betreffen. V-Aufträge, die auf das produzierte Formationswasser zurückzuführen sind, kamen im gesamten Betrachtungszeitraum genauso wie die Kosten für Chemie, nur in den als Verbund betrachteten, Gassonden in der Produktion vor.

Interessant für diesen Abschnitt sind die kostentreibenden Sonden im Betrachtungszeitraum. Hierbei kann man, bei genauer Analyse der einzelnen Sonden deutlich erkennen, dass die kostentreibenden Sonden entweder durch ihr großes Volumen an produziertem Formationswasser, oder durch einen hohen Kosten pro Kubikmeter auffallen. Aufgrund der Tatsache, dass die, relevanten Kosten im Abschnitt Produktion, für die Öl-Sonden allein auf dem Faktor Energie basieren, ist eine genaue Analyse der Energieverbräuche und der damit zusammenhängenden Kosten, entscheidend. Hauptverantwortlich für einen hohen Kubikmeter – Preis sind die Energiekosten bei jenen Sonden, deren Energieversorgung durch einen externen Anbieter stattfindet und sich somit als deutlich teurer erweist als die Versorgung durch Eigenstromproduktion.

Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die Sonden KE-001 (s. Kapitel 4.6.2) und OB-001 (s. Kapitel 4.6.3) die über den gesamten Betrachtungszeitraum sowohl in absoluten Zahlen [€] als auch auf den Kubikmeter-Preis bezogen [€/m³] die Kosten hochtreiben. Bezogen auf die Kosten in absoluten Zahlen [€] dominieren vor allem diejenigen Sonden, deren Volumina an produziertem Formationswasser auch bei geringem Kubikmeter – Preis die Kosten treiben. Besonders hervorzuheben sind hier die Sonden V-015C, V-030 und V-033 (s. Kapitel 4.6.5), deren kombinierte Volumina an Produktionswasser über 60% des gesamten Produktionswassers betragen, bei lediglich 3-6% der gesamten Ölproduktion. Die Energiekosten, dieser drei Sonden, deren Verwässerung über 97% liegt, können also fast gänzlich dem Wasser zugeordnet werden. Wie schon beschrieben, setzen sich die Kosten in diesem Abschnitt aus den Aufwendungen für Energie, Chemie und V-Aufträgen zusammen. Die Spanne, in der sich die einzelnen Sonden bewegen, befindet sich zwischen beinahe 0,00€ und 5,85 €/m³ produziertem Formationswasser. Bei genauer Betrachtung der einzelnen Sonden wird also klar, dass sich die Kosten in der Produktion deutlich unterscheiden können. Hauptgrund hierfür sind die unterschiedlichen Kosten für Energie [€/kWh], die auf unterschiedliche Energieverbräuche und Unterschiede im Ankaufspreis zurückzuführen sind. Die einzelnen Sonden unterscheiden sich durch verschiedene Komplettierungen teilweise deutlich voneinander, was auch der Grund für den unterschiedlich hohen Energieverbrauch der einzelnen Sonden verantwortlich ist. Da diese Verbräuche durch die RAG für jede Sonde einzeln gemessen wurden, war es auch möglich, diesen Verbräuchen Kosten zuzuordnen.

Bei Anbindung an das RAG eigene Stromnetz, welches durch das eigens betriebene BHKW versorgt wird, kann man mit einem Preis von 0,035 [€/kWh] die Energieversorgung sehr günstig gewährleisten. Diejenigen Sonden, die nicht an dieses Netz angeschlossen sind, werden durch externen Stromzukauf versorgt. Die Kosten belaufen sich hier auf 0,16-0,165 [€/kWh], was einen signifikanten Unterschied zur Eigenversorgung darstellt und sich auf die gesamte Produktion auswirkt. Damit zusammenhängend werden die Kosten für das produzierte Formationswasser ebenso um einiges höher und wirken sich in der Gesamtbetrachtung deutlich aus. Kosten bis 1€/m³ für das Produktionswasser in diesem Abschnitt für die Sonden, deren Strombedarf durch Eigenproduktion gedeckt ist konnten ermittelt werden, und werden in Abbildung 25 dargestellt. Die Sonden, deren Kosten über dieser Grenze liegen, werden allesamt durch die teurere, externe Energieversorgung beliefert und heben sich deswegen deutlich ab.

Abbildung 25: Kostenkurve im Abschnitt Produktion [€/m³]

Ein mögliches Kostensenkungspotential im Bereich Energieversorgung jener Sonden, die nicht durch Strom aus Eigenproduktion betrieben werden, wird in Kapitel 4.9.1 näher erläutert. Die folgenden Sonden verfügen über keine Anbindung an das RAG-Stromnetz und werden somit auch nicht durch das BHKW mit Eigenstrom versorgt:

SONDEN
KE-001
MDF-001
OB-001
SAT-002
SAT-006
SAT-007
SAT-008

Tabelle 6: Sonden mit externer Stromversorgung

Betrachtet man den gesamten Sondenbestand im Abschnitt Produktion, wird bei der Analyse der teuersten Sonden, sowohl in absoluten Zahlen [€], als auch unter dem Aspekt der Kubikmeter – Kosten [€/m³], sichtbar, dass bei den kostentreibenden Sonden die Gesamtkosten entweder durch das produzierte Volumen, oder durch die hohen Kubikmeter – Kosten beeinflusst werden. Die, in diesem Zusammenhang, hauptverantwortlichen Sonden im Abschnitt der Produktion sind in jeder der einzelnen Perioden des Betrachtungszeitraums die Sonden KE-001, OB-001, SAT-006 und SAT-008 aufgrund ihrer Kubikmeter – Preise und die Sonden V-015C, V-030 und V-033 aufgrund ihrer großen Volumina an produziertem Formationswasser. Vergleicht man im Abschnitt Produktion, basierend auf den Kosten pro Kubikmeter, die teuersten und die billigsten Sonden, bestätigt sich das Ergebnis von vorhin. Die billigsten Sonden weisen,

aufgrund ihrer minimalen Mengen an produziertem Formationswasser, keine signifikanten Kosten in diesem Abschnitt auf und können als Reinölsonden betrachtet werden.

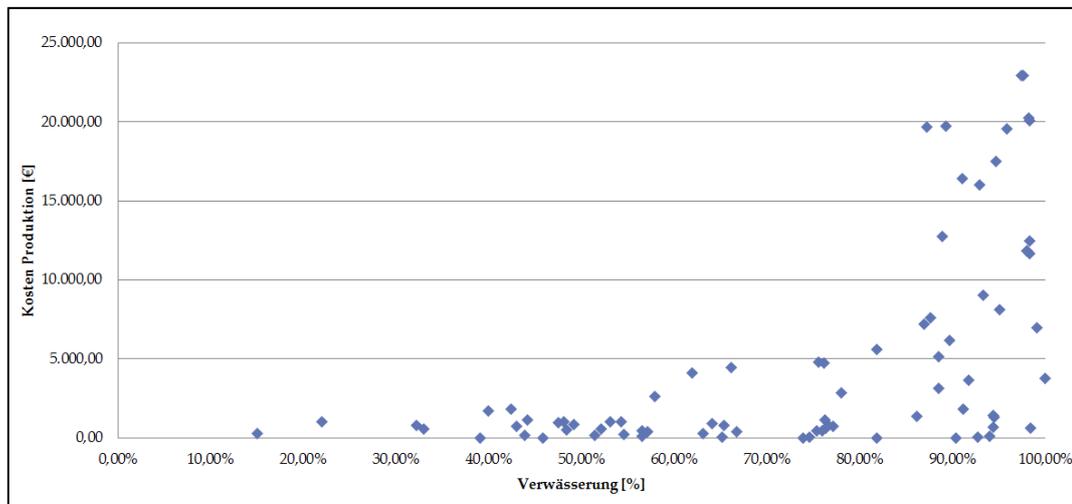


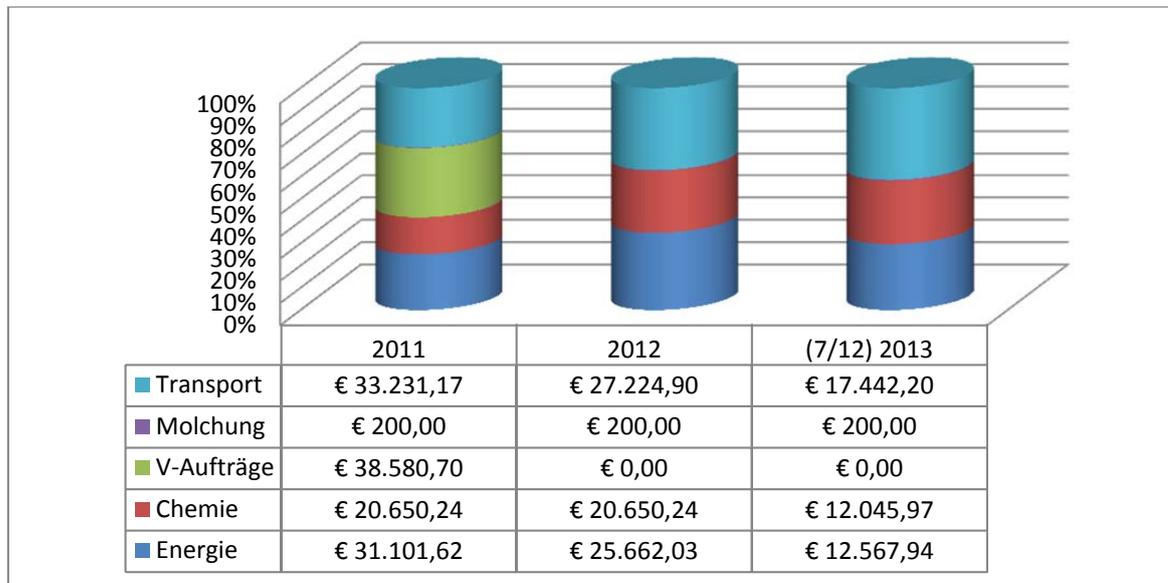
Abbildung 26: Verwässerung der einzelnen Sonden

Wie in Abbildung 26 klar ersichtlich, hängt der Grad der Verwässerung direkt mit den Produktionskosten zusammen. Jene Sonden, die einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Gesamtkosten in den einzelnen Perioden haben, werden daher auch nicht näher betrachtet.

Die teuersten Sonden weisen allesamt eine hohe Verwässerung und damit zusammenhängend hohem Volumen an Produktionswasser auf. Die Kosten für den Chemieeinsatz und für die V-Aufträge, die allein auf die GAS-Sonden zurückzuführen sind, werden im Kapitel 4.8 gesondert betrachtet.

4.4.2 Produktionswassertransport

Die Kosten im Abschnitt Produktionswasser-Transport setzen sich aus den Kosten für LKW-Transporten, V-Aufträgen, Chemie und Energie zusammen, deren Einfluss auf den Produktionswassertransport, wie in Abbildung 27 gut erkennbar, in den einzelnen Perioden relativ konstant bleibt.



Produktionswasser Transport			
Jahr	€	m ³	€/m ³
2011	123.763,73	431.977,64	0,29
2012	73.737,17	421.363,16	0,17
07/2013	42.256,11	227.435,83	0,19

Abbildung 27: Kostenverteilung im Abschnitt Produktionswassertransport

Da sich die Zusammensetzung der Kosten für den Produktionswassertransport in den einzelnen Perioden des Betrachtungszeitraums jedoch stark ändert, ist eine genaue Untersuchung der einzelnen Komponenten für weiterführende Analysen sinnvoll.

- Die Energieversorgung der einzelnen Pumpstationen wird mit Ausnahme der Station SAT-SAT durch Energie aus Eigenproduktion bewerkstelligt und wird mit einem Wert von 0,035 [€/kWh] angenommen. Die Station SAT-SAT wird durch einen externen Stromversorger mit Energie beliefert. Die Kosten hierfür betragen 0,14 [€/kWh], was deutlich über dem Preis für die Kilowattstunde durch Eigenproduktion liegt und den PWT über diese Station im Vergleich zu allen anderen Stationen teurer macht.
- Der Einsatz von Chemikalien findet an drei Stationen im RAG-Leitungssystem statt: EN-001, SAT-SAT und SII. Dieser Chemieeinsatz, in Form von Emulsionsbrecher (DMO86102), ist für die Abtrennung von Öl und Wasser notwendig und wird an diesen Punkten im System eingesetzt, um einen gewissen Teil des Produktionswassers abzutrennen, der für die Belieferung einzelner Injektoren notwendig ist. Aufgrund der Abtrennung dieser Volumina an Produktionswasser für die Injektoren ändert sich natürlich die Verwässerung der restlichen Produktion, was die, dem Wasser anrechenbaren, Kosten für Energie an den einzelnen Stationen ebenfalls beeinflusst.

- V-Aufträge, die für die Kosten im Produktionswassertransport eine Rolle spielen waren nur im Jahr 2011 zu erkennen und sind daher auch ein Grund für die, in dieser Periode, erhöhten PWT-Kosten im Vergleich zu den Folgeperioden.
- Die Kosten für die Molchungen, die in diesem Abschnitt aufgenommen wurden, haben einen konstanten, relativ geringen Wert und beeinflussen die Gesamtkosten nur minimal.
- Die Kosten für die LKW-Transporte betreffen nur den Produktionswassertransport von der einzelnen Öl-Sonde KE-001. Aufgrund der Tatsache, dass diese Sonde nicht an das RAG FBO-OST Leitungsnetz angeschlossen ist, muss die gesamte Produktion dieser Sonde durch regelmäßige LKW Transporte zur Zentrale Krift gebracht werden. Die dabei anfallenden Kosten wurden, auf Basis des Verwässerungsgrades, dem Wasser zugerechnet und in die Berechnung aufgenommen.

Die Spanne, in der sich unauffällige Sonden bewegen liegt zwischen 0,8 – 1,85 [€/m³]. Diese Spanne ergibt sich aus der unterschiedlichen Lage der Sonden und damit zusammenhängend dem Weg, den das produzierte Formationswasser bis zur Zentrale Krift zurücklegen muss. Auf diesem Weg passiert das Wasser Pumpstationen, an denen es weitergeleitet wird und Kosten verursacht. Sonden, deren Produktion keine Stationen durchlaufen, haben keine Kosten im Bereich Produktionswassertransport.

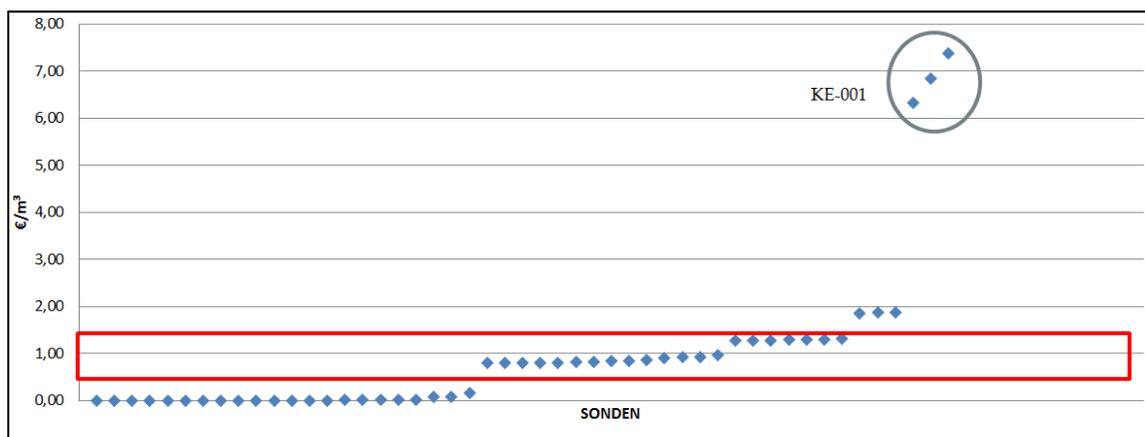


Abbildung 28: Kostenkurve im Abschnitt Produktionswassertransport [€/m³]

Signifikant teurer gestaltet sich der Produktionswassertransport via LKW-Transport für die Sonde KE-001 im Zeitraum 2011-2013. Diese LKW-Transporte werden durch ein externes Unternehmen durchgeführt und verrechnet.

Betrachtet man das gesamte Sondenbestand basierend auf dem Grad der Verwässerung in Zusammenhang mit den Kosten [€] für den PWT, dann lässt sich sehr deutlich erkennen, dass nur diejenigen Sonden signifikante Kosten im Abschnitt PWT verursachen, deren Grad an Verwässerung dementsprechend hoch ist (siehe Abbildung 29 & Abbildung 30).

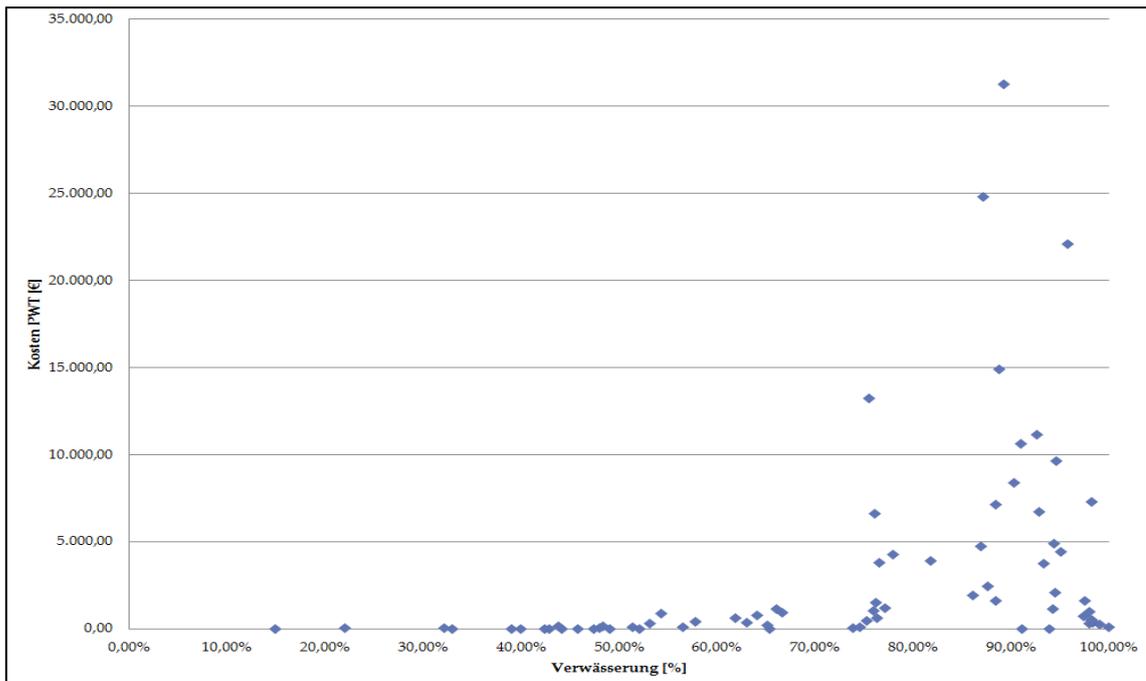


Abbildung 29: Kosten [€] für Produktionswassertransport / Verwässerung

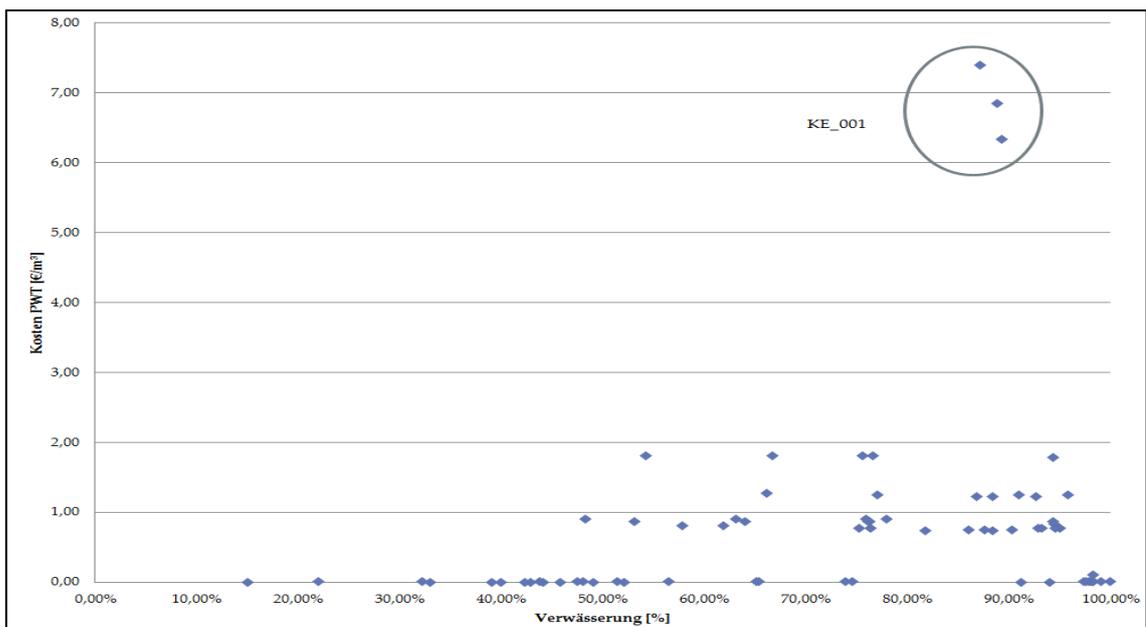


Abbildung 30: Kosten [€/m³] für Produktionswassertransport / Verwässerung

Wie in Abbildung 30 gut ersichtlich, lassen sich die Kosten [€/m³] für den PWT in einzelne Cluster unterteilen, was auf die geographische Lage der Sonden, und damit zusammenhängend dem gleichen PWT-Weg bis zur Station Krift zurückzuführen ist. Der gesamte Sondenbestand lässt sich in jeder Periode, grob, in 3 Abschnitte einteilen, welche für die darin enthaltenen Sonden den selbigen PWT-Weg bis zur Zentrale Voitsdorf bedeutet. Abweichend ist einzig die Sonde KE-001 für alle drei Perioden, deren PWT via LKW-Transport vorgenommen wird. Die teuersten Sonden im PWT, welcher durch das Leitungsnetz durchgeführt wird, sind diejenigen Sonden, die auch den längs-

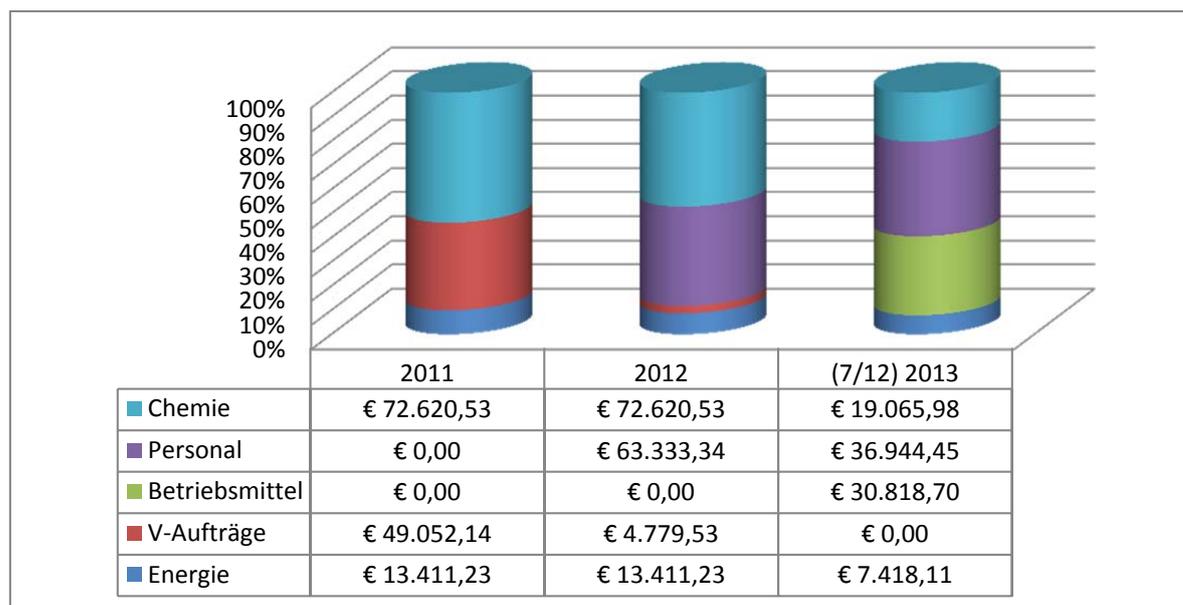
ten PWT-Weg haben. Hier besonders hervorzuheben ist die Sonde OB-001, die im gesamten Sondenbestand den längsten Transportweg hat und somit auch die höchsten Kosten in diesem Abschnitt verursacht. Keine Kosten in diesem Abschnitt fallen für jene Sonden an, deren produzierte Volumina allein durch den Förderdruck an die Station Krift geleitet werden.

4.4.3 Aufbereitung (ZV)

Der Abschnitt Aufbereitung in der Zentrale Krift (ZV) wird aufgrund der unterschiedlichen Beanspruchung der einzelnen „Abwässer“ in dieser Betrachtung in zwei Kategorien unterteilt:

- Aufbereitung (ZV)
- Klärbecken (ZV)

Das gesamte Volumen an Produktionswasser, das aus allen Feldern im RAG FBO-OST in die Zentrale Krift geleitet und dort aufbereitet wird, wird im Punkt Aufbereitung (ZV) betrachtet. Die dabei entstehenden Kosten werden gegliedert aufgelistet und analysiert.



Aufbereitung (ZV)			
Jahr	€	m³	€/m³
2011	135.083,90	307.915,56	0,44
2012	154.144,63	322.491,70	0,48
07/2013	94.247,24	176.041,55	0,54

Abbildung 31: Kostenverteilung im Abschnitt Aufbereitung (ZV)

Wie in Abbildung 31 ersichtlich bleiben die Kosten der Aufbereitung in der Zentrale Krift über alle Perioden relativ konstant in einem Bereich zwischen 0,44 € und 0,54 €, jedoch variiert die Zusammensetzung der Kosten und bedarf einer genaueren Betrachtung. Die Kosten für die Chemie in diesem Bereich sind auf den Einsatz von Emulsionsbrecher für die Abtrennung von Öl und Wasser und auf den Einsatz von Biozid für den späteren Flutwassertransport zurückzuführen. Aufgrund relativ gleichbleibender Produktionswasser Mengen in den einzelnen Perioden des Betrachtungszeitraums und der gleichbleibenden Mengen der Chemikalien, sind deren Kosten in den Perioden konstant. Die Mengen an Chemikalien, die in diesem Abschnitt regelmäßig eingesetzt werden, sind nachfolgend angeführt:

- Emulsionsbrecher (DMO86102) – 168 l/Woche
- Biozid (XC82332) – 200 l/Woche

Ab der Periode 2012 wurde, speziell für das Einsatzgebiet Produktionswasser, ein Labortechniker angestellt, dessen Hauptaufgabe in der Aufbereitung und Kontrolle der Wasserqualität besteht. Daher wurden die Kosten hierfür ebenfalls in diese Arbeit aufgenommen. Energiekosten in diesem Abschnitt fallen für diverse Pumpen an, die das Produktionswasser in die einzelnen Tanks pumpen, an denen das Öl vom Wasser abgetrennt wird. Die Aufbereitung in der Zentrale Krift setzt sich, wie beschrieben, aus den Kosten für Energie, Chemie, Personal zusammen. Basierend auf dem Weg, den das Wasser von der Produktion bis zur Zentrale Krift zurücklegt, und damit zusammenhängend der Menge an produziertem Formationswasser, der letztendlich ankommt, sind die Kosten für die Aufbereitung sehr unterschiedlich. Vergleicht man die Kosten pro Kubikmeter für den Abschnitt Aufbereitung (ZV) aus Abbildung 31 mit den Kosten, die den einzelnen Sonden aus diesem Bereich zugeordnet werden (s. Abbildung 32), werden deutliche Unterschiede sichtbar. Diese Unterschiede sind darauf zurückzuführen, dass die gesamte Produktionsmenge vieler Sonden nicht gänzlich bis zur Zentrale Krift transportiert, sondern in einem vorhergehenden Knotenpunkt (SAT-SAT, SII) teilweise abgetrennt und verpumpt wird.

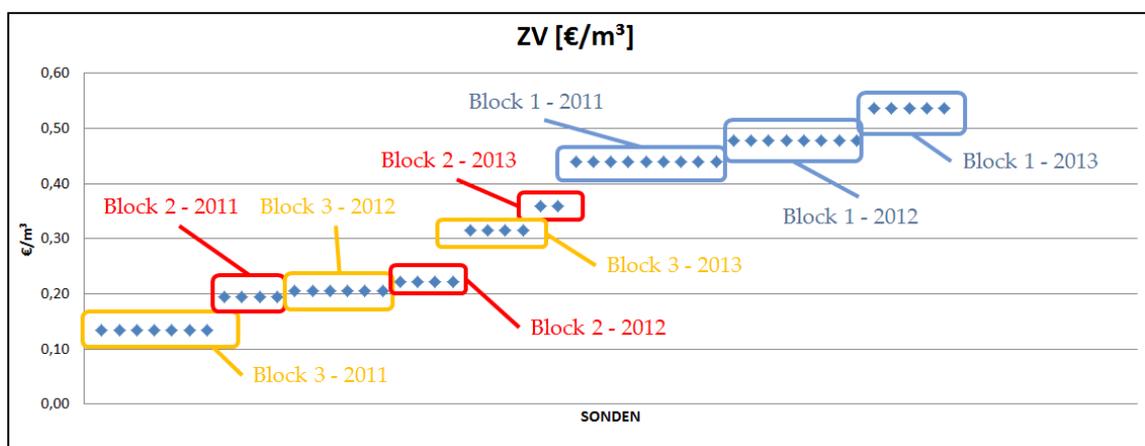


Abbildung 32: Kostenkurve für die Aufbereitung (ZV) einzelner Sonden

Der gesamte Sondenbestand lässt sich auch geographisch, wie in Abbildung 33 zu sehen, in drei Gruppen einteilen und spiegelt sich auch im Abschnitt Produktionswassertransport wieder. Die insgesamt 9 Cluster (s. Abbildung 32) resultieren aus drei verschiedenen Wegen, den das Produktionswasser von einer Sonde bis zur Zentrale Voitsdorf in den jeweils drei Jahren der Betrachtung nehmen kann. In dieser Betrachtung werden nur die Kosten der Aufbereitung in der Zentrale Voitsdorf betrachtet. Aufgrund der Mengen an Produktionswasser, die an den Stationen SAT-SAT und SII für die Blöcke II & III abgetrennt werden, verringern sich die Kosten der Aufbereitung in der Zentrale Voitsdorf für die entsprechenden Sonden. Die Kosten, die die Abtrennung an den Stationen SAT-SAT & SII verursacht, werden jeweils dem Produktions- sowie Flutwassertransport für die entsprechenden Sonden zugerechnet.

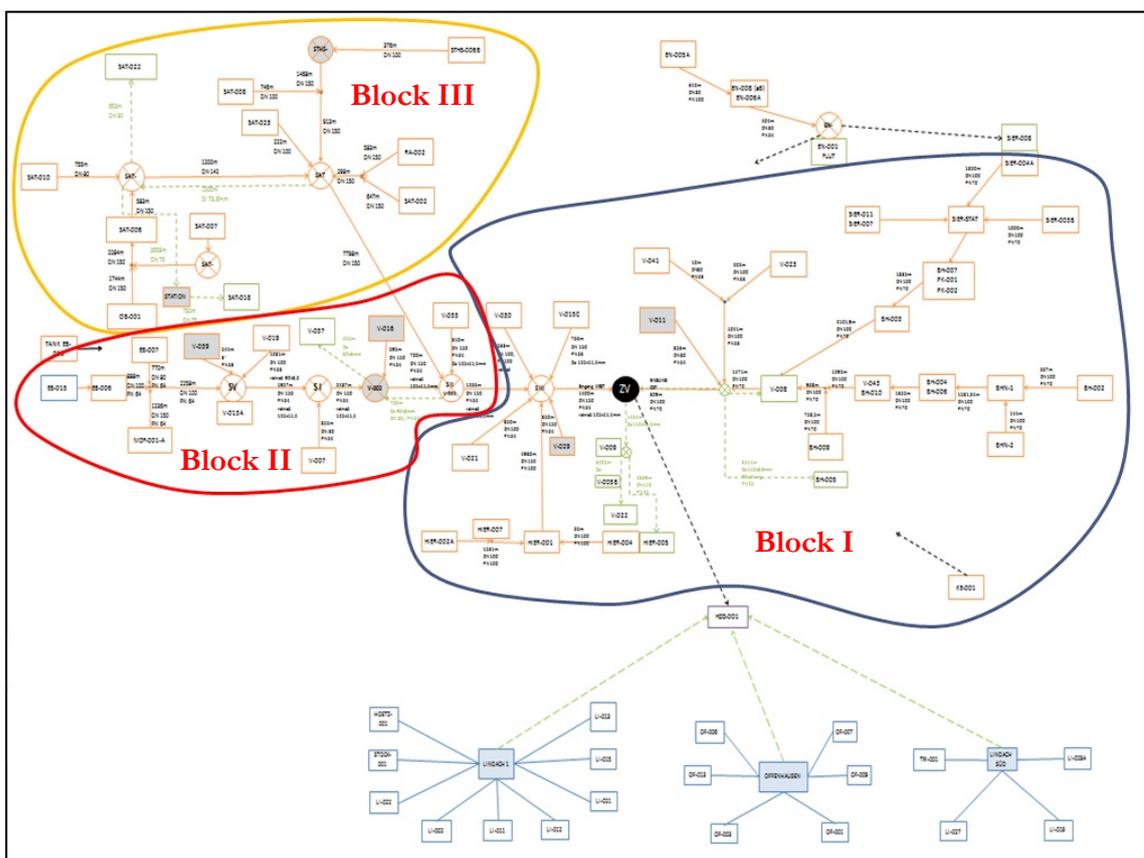
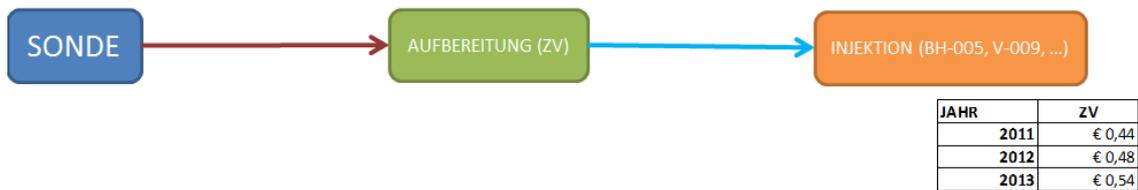


Abbildung 33: Aufbereitung ZV - Kategorien

Je nach Lage der Sonde, legt die Produktion einen ganz bestimmten Weg zurück, bis sie in der Zentrale Krift ankommt. Auf diesem Weg werden an den Stationen SAT-SAT und SII Teile des produzierten Formationswassers abgeschieden und zu Injektoren weitergeleitet. Dies verringert die Menge an Produktionswasser und damit zusammenhängend die Kosten für die Aufbereitung. Insgesamt gibt es, geographisch bedingt, drei verschiedene Blöcke, in die die Produktion eingeteilt werden kann:

Block 1



Die einzelnen Sonden liefern hierbei ihr gesamtes Produktionswasser zur Aufbereitung in die Zentrale Krift und von dort das abgetrennte Flutwasser in die Flutanlage Voitsdorf geleitet. Der Bereich für die Kosten der Aufbereitung in den einzelnen Perioden liegt hier zwischen 0,44 und 0,54 €/m³. Wie in Abbildung 34 zu sehen, bilden die Sonden V-015C, V-030 und V-033 in jeder Periode des Betrachtungszeitraums aufgrund der hohen Mengen an Produktionswasser, der direkt an die Zentrale Krift geleitet wird, den kostentreibenden Faktor im Abschnitt Aufbereitung.

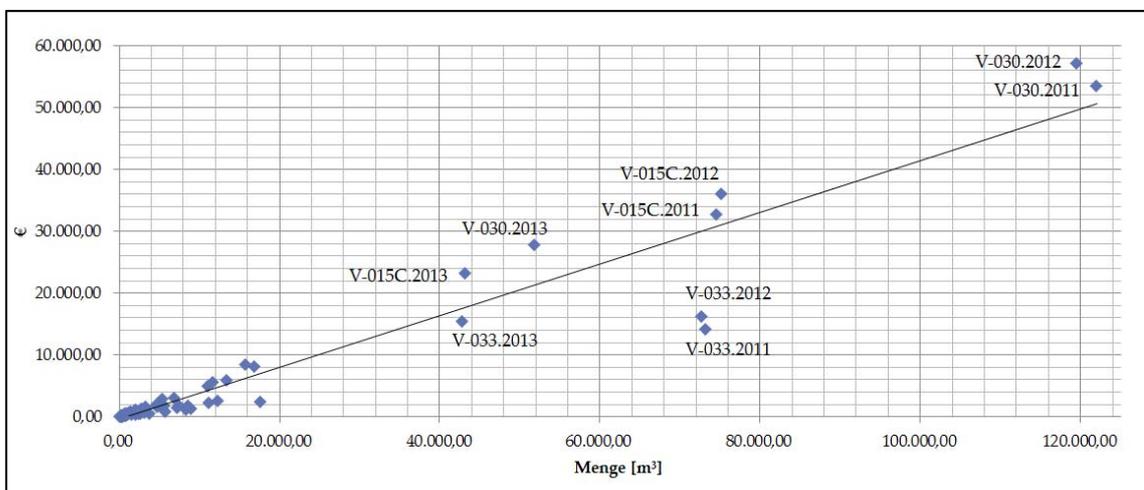
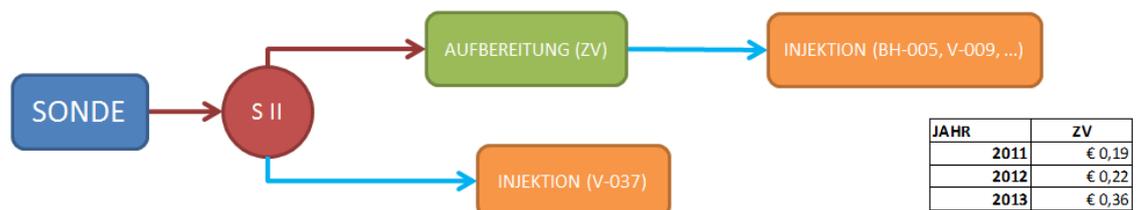


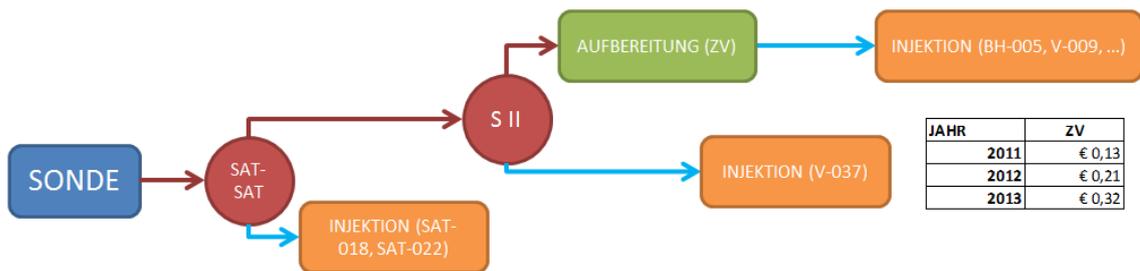
Abbildung 34: Aufbereitung ZV - Kosten

Block 2



Die kumulierte Produktion der Sonden in diesem Bereich wird durch das Leitungsnetz über die Station SII geleitet, wo eine teilweise Abtrennung des Produktionswassers erfolgt. Der abgetrennte Teil des Produktionswassers wird von der Station SII in den Injektor V-037 geleitet und wird somit nicht in der Zentrale Krift aufbereitet, was die Kosten der Aufbereitung für die jeweiligen Sonden dementsprechend senkt und sich in einem Bereich zwischen 0,19 und 0,36 €/m³ bewegt.

Block 3



Die Produktion in diesem Bereich wird über die Station SAT-SAT geleitet, wo die erste teilweise Abtrennung von Produktionswasser erfolgt und das daraus separierte Wasser in die Injektoren SAT-018/-022 geleitet wird. Das resultierende Volumen an Öl und Wasser wird über die Station S II geleitet, wo die zweite Abtrennung erfolgt und einerseits die Injektionssonde V-037 und andererseits die Zentrale Krift beliefert wird. Aufgrund der Mengen an abgetrenntem Produktionswasser, der nicht zur Zentrale Krift geleitet wird, sind die Kosten für die Aufbereitung dieser Sonden am geringsten und bewegen sich in einem Bereich zwischen 0,13€ und 0,32€.

Die Kosten für Chemie, die an den Stationen EN-001, SAT-SAT und S II (Abbildung 35) für die Abtrennung des Produktionswassers vom Öl entstehen bzw. weiterführende für die Behandlung gegen Bakterienwachstum in den Flutwasserleitungen, können natürlich nicht vernachlässigt werden und sind in dieser Gesamtbetrachtung ein Teil der Kosten für den Produktions- und Flutwassertransport. Ein Vergleich der Kosten für den Chemieeinsatz an den Stationen EN-001, SAT-SAT, S II und der Zentrale Krift gibt Aufschluss über die Verteilung der Kosten pro Kubikmeter [€/m³] für den Einsatz von Chemikalien im RAG FBO-OST bezogen auf das Produktionswasser. Die Kosten für Emulsionsbrecher (DMO86102) an den Stationen SAT-SAT, S II und EN-001 werden in dieser Betrachtung dem Produktionswassertransport (PWT) zugeordnet, wohingegen die Kosten für Biozid (XC82332) dem Flutwassertransport (FWT) angerechnet werden.

- ZV
 - Emulsionsbrecher (DMO86102) – 168 l/Woche
 - Biozid (XC82332) – 200 l/Woche
- SAT-SAT
 - Emulsionsbrecher (DMO86102) – 54 l/Woche
 - Biozid (XC82332) – 100 l/Woche
- S II
 - Emulsionsbrecher (DMO86102) – 54 l/Woche
 - Biozid (XC82332) – 100 l/Woche
- EN-001
 - Emulsionsbrecher (DMO86102) – 28 l/Woche
 - Biozid (XC82332) – 107 l/Woche

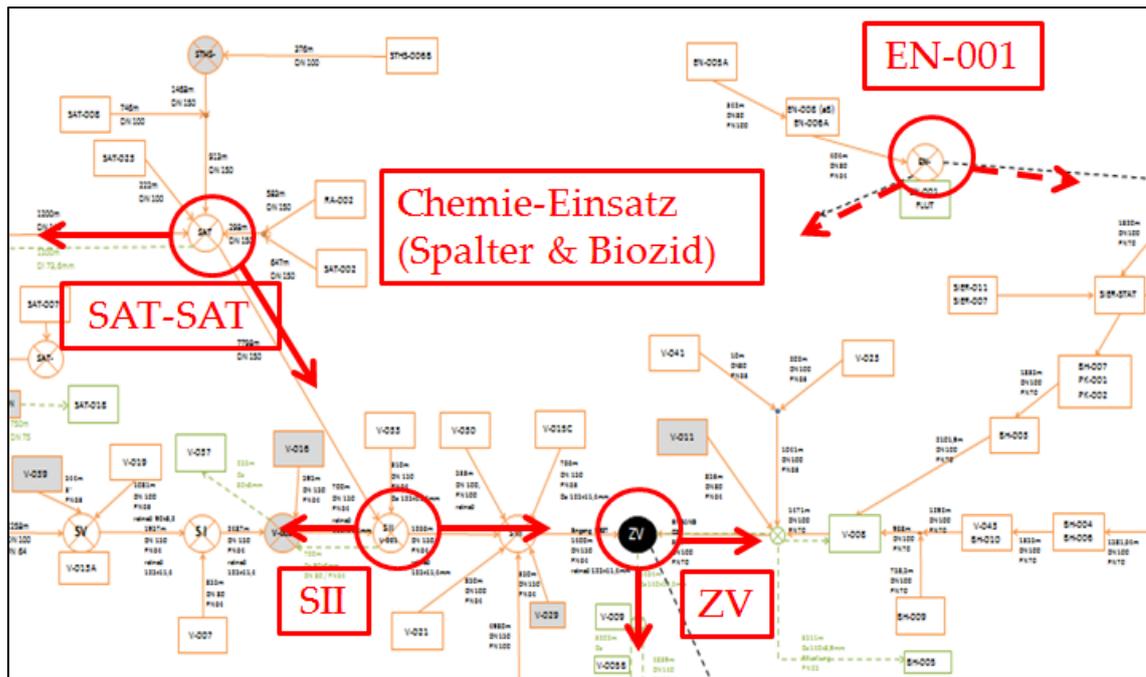


Abbildung 35: Chemieinsatz RAG FBO-OST

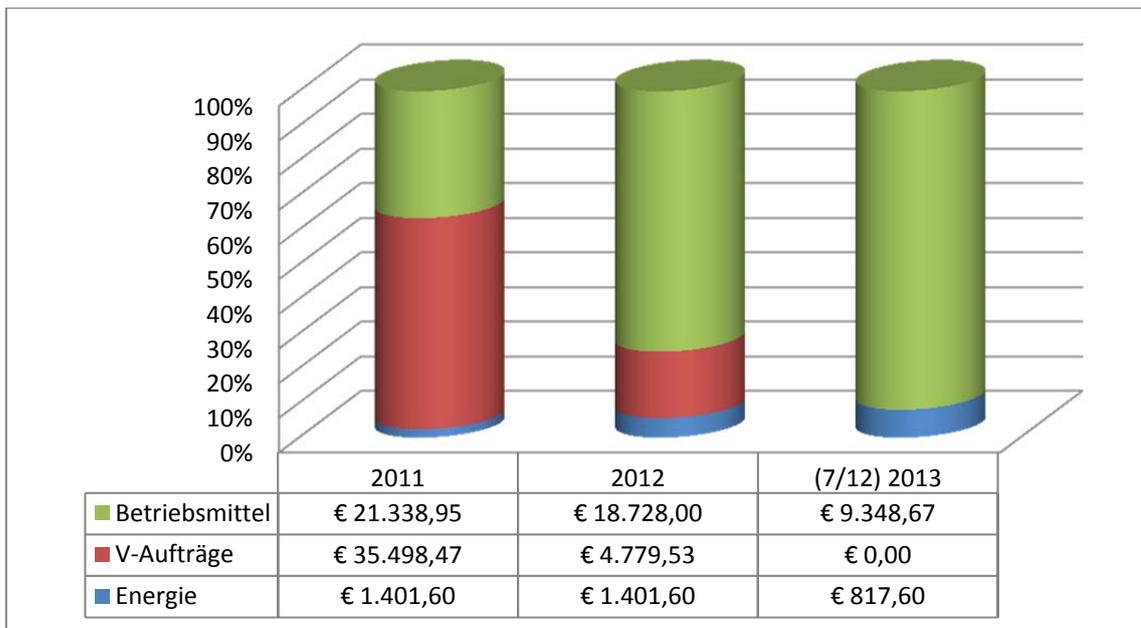
In Tabelle 7 lassen sich die unterschiedlichen Kosten für den Einsatz von Chemikalien im RAG FBO-OST deutlich erkennen.

STATION		2011	2012	07/2013
ZV	Wasser [m³]	307.915,56	322.491,70	176.041,55
	Emulsionsbrecher & Biozid	€ 72.620,53	€ 72.620,53	€ 19.065,98
	€/m³	€ 0,24	€ 0,23	€ 0,11
EN-001	Wasser [m³]	54.433,78	59.644,77	33.546,52
	Emulsionsbrecher & Biozid	€ 25.617,28	€ 25.617,28	€ 14.943,41
	€/m³	€ 0,47	€ 0,43	€ 0,45
SAT-SAT	Wasser [m³]	32.412,09	36.323,35	15.739,63
	Emulsionsbrecher & Biozid	€ 28.167,36	€ 28.167,36	€ 16.246,32
	€/m³	€ 0,87	€ 0,78	€ 1,03
SII	Wasser [m³]	53.011,10	57.502,72	45.504,24
	Emulsionsbrecher & Biozid	€ 28.167,36	€ 28.167,36	€ 16.430,96
	€/m³	€ 0,53	€ 0,49	€ 0,36

Tabelle 7: Kosten Chemie – RAG FBO-OST

4.4.4 Klärbecken (ZV)

Die Anlieferungen aus teilweise externen Bereichen, die zum Zwecke der Aufbereitung und Entsorgung durch LKW Transporte an die Zentrale Krift geliefert werden, werden an der Entladestation in ein separates Klärbecken geleitet. Die Kosten für das Klärbecken und darauffolgender Behandlung der angelieferten Volumina werden separat betrachtet.



. ZV Klärbecken			
Jahr	€	m ³	€/m ³
2011	58.239,02	10.827,44	5,38
2012	24.909,13	20.766,65	1,20
07/2013	10.166,27	9.149,60	1,11

Abbildung 36: Kostenverteilung im Abschnitt Klärbecken (ZV)

Ein wichtiges Anliegen seitens der Leitung des RAG FBO-OST war die Evaluierung der entstehenden Kosten, die durch Anlieferungen von teils stark verunreinigten Abwässern aus bereichsfremden Quellen gebildet werden. Diese Anlieferungen werden in der Zentrale Krift aufbereitet und in den Flutwassersonden verpumpt. Die hierfür anfallenden Kosten werden vollständig im Bereich OST verrechnet. Für die Leitung des RAG FBO-OST sollte, durch die Evaluierung dieser Kosten, die Möglichkeit geschaffen werden, die Kosten den jeweiligen Verursachern dieser angelieferten Wassermengen zuzuordnen zu können. Die Anlieferungen, ausgenommen Öltransporte, aus externen Quellen an die Zentrale Krift werden, wie schon erwähnt, in ein separates Klärbecken geleitet und von dort weitergeleitet. Die Kosten die direkt am Klärbecken entstehen sind in Abbildung 36 aufgeführt. Das abgesonderte Flutwasser wird durch das Leitungssystem an die entsprechenden Injektoren der Flutanlage Voitsdorf geleitet und dort verpumpt. Die anfallenden Gesamtkosten für das Klärbecken, die Aufbereitung, den Flutwasser-

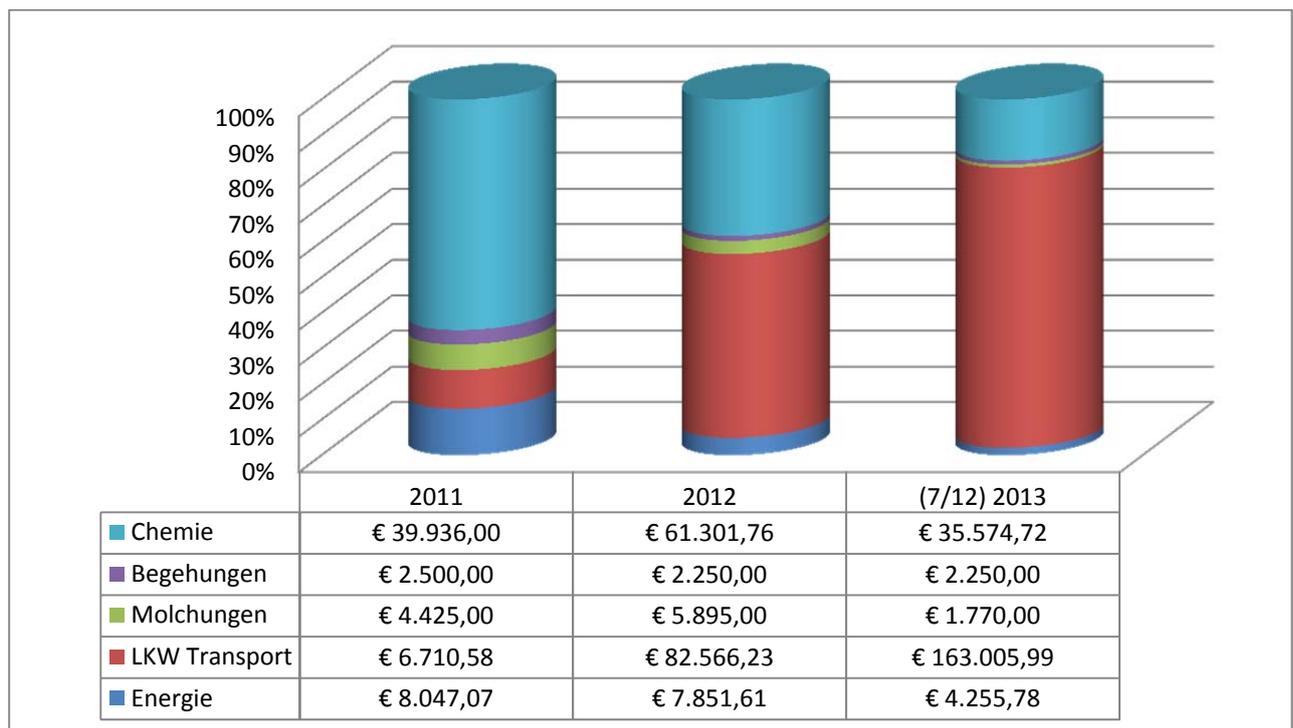
transport und die Injektion wurden für den Betrachtungszeitraum für jedes Jahr separat ermittelt und sind in Tabelle 8 für alle Perioden aufgeführt.

Jahr	Kosten [€]	MENGE [m ³]	Kosten [€/m ³]
2011	€ 87.645,89	10.827,44	€ 8,09
2012	€ 86.415,13	20.766,65	€ 4,16
07/2013	€ 29.053,89	9.149,60	€ 3,18

Tabelle 8: Gesamtkosten der Anlieferungen aus externen Quellen

4.4.5 Flutwasser Transport

Der Flutwassertransport zu den einzelnen Injektoren setzt sich, wie in Abbildung 37 gut sichtbar, aus mehreren einzelnen Komponenten zusammen, die, im Laufe des Betrachtungszeitraums in den einzelnen Perioden teilweise stark variieren. Waren die Kosten für den Einsatz von Chemikalien in der Periode 2011 noch der dominierende Faktor, so haben die Kosten für die LKW Transporte in den Folgeperioden den Platz des kostentreibenden Faktors eingenommen. Aufgrund dieser doch gravierenden Änderungen und des dominanten Einflusses der Kosten der LKW Transporte für den Flutwassertransport, werden die beiden Varianten des Flutwasser-Transports separat betrachtet.



Flutwasser Transport			
Jahr	€	m ³	€/m ³
2011	61.618,65	439.601,05	0,14
2012	159.864,60	439.334,61	0,36
07/2013	206.856,49	242.233,83	0,85

Abbildung 37: Kostenverteilung im Abschnitt Flutwassertransport

- **Flutwassertransport durch LKW Transporte**



LKW TRANSPORT	Summe [€]	LKW	CHEMIE
2011	€ 6.710,58	€ 6.710,58	€ 0,00
2012	€ 103.931,99	€ 14.914,23	€ 21.365,76
07/2013	€ 175.469,35	€ 163.005,99	€ 12.463,36

Abbildung 38: Kostenverteilung im Abschnitt Flutwassertransport - LKW Transport

Die Gesamtkosten für den Flutwassertransport, der durch LKW Transporte durchgeführt wird bestehen aus den Kosten für Chemieeinsatz um das Produktionswasser vom Öl abzutrennen und den Kosten für die LKW-Transporte selbst, die von externen Speditionen durchgeführt werden. Je nach Transportweg kostet dieser LKW-Transport zwischen 3 - 8 [€/m³]. Die einzelnen LKW Transporte sind in den folgenden Tabellen abgebildet.

Transportweg	Jahr	€	m³	€/m³	LKW Transport [€]	LKW Transport [€/m³]
ZV nach HZG-001	2011	3.283,90	1.094,63	3,00	3.283,90	3,00
ZV nach HZG-001	2012	11.797,72	3.932,57	3,00	11.797,72	3,00
ZV nach HZG-001	07/2013	8.387,65	2.795,88	3,00	8.387,65	3,00

Tabelle 9: Flutwassertransport ZV nach HZW-001

Transportweg	Jahr	€	m³	€/m³	LKW Transport [€]	LKW Transport [€/m³]
Li1/LiS/OF6 nach HZG-001	2011	3.426,68	1.142,23	3,00	3.426,68	3,00
Li1/LiS/OF6 nach HZG-001	2012	3.116,51	1.038,84	3,00	3.116,51	3,00
Li1/LiS/OF6 nach HZG-001	07/2013	631,94	210,65	3,00	631,94	3,00

Tabelle 10: Flutwassertransport Li1/LiS/OF6 nach HZG-001

Transportweg	Jahr	€	m³	€/m³	LKW Transport [€]	LKW Transport [€/m³]	Chemie [€]	Chemie [€/m³]
EN-001 nach SIER-008	2012	89.017,76	8.456,50	10,53	67.652,00	8,00	21.365,76	2,53
EN-001 nach SIER-008	07/2013	166.449,76	19.248,30	8,65	153.986,40	8,00	12.463,36	0,65

Tabelle 11: Flutwassertransport EN-001 nach SIER-008

- **Flutwassertransport durch Leitungsnetz**



LEITUNG	€	Energie	Molchungen	Begehungen	Chemie
2011	€ 54.908,07	€ 8.002,22	€ 4.425,00	€ 2.450,00	€ 39.936,00
2012	€ 55.932,61	€ 7.820,62	€ 5.895,00	€ 2.200,00	€ 39.936,00
07/2013	€ 31.387,14	€ 4.255,78	€ 1.770,00	€ 2.250,00	€ 23.111,36

Abbildung 39: Kostenverteilung im Abschnitt Flutwassertransport Leitungen

Der Flutwassertransport durch das Leitungssystem der RAG hat, im Vergleich zum Transport durch LKWs, andere Kostenfaktoren, die separat betrachtet werden. Aufgrund der Kosten für den Einsatz von Chemikalien, fallen an den Stationen SAT-SAT und SII Kosten für Biozide (XC82332) an, die sich in den Flutwasserkosten wieder spiegeln und den Flutwassertransport zwischen der Station SAT-SAT und SAT-003 bzw. der Station SII und der Sonde V-002 dominieren. Die Mengen an Chemikalien, die an der Zentrale Krift (ZV) anfallen, wurden im Kapitel 4.4.3 separat betrachtet.

Die Energiekosten in diesem Bereich fallen für den Betrieb der notwendigen Pumpen für den Transport durch das Leitungssystem an. Ein weiterer Kostenpunkt sind die Aufwendungen für die notwendigen Begehungen und Molchungen, die für die Flutwasserleitungen verpflichtend durchgeführt werden müssen und den Flutwasserkosten angerechnet werden müssen.

Im gesamten Betrachtungszeitraum wurden die Daten auf vorhandene V-Aufträge untersucht. Hier sind im Bereich des Flutwassertransports keine entsprechenden Kosten entstanden. Pacht- und Servitutzahlungen fallen für die Leitungen nicht an.

Betrachtet man das Produktionswasser der einzelnen Sonden, welches in der Folge im Abschnitt Flutwassertransport weitere Kosten verursacht, dann stehen einige Sonden durch ihre hohen Kosten besonders hervor. Wie in Abbildung 40 gut erkennbar, lässt sich diese Beobachtung über alle Perioden für dieselben Sonden erkennen und betrifft die Sonden EN-005A, V-015C, V-030 und V-033.

Die Sonden V-015C, V-030 und V-033 weisen zwar einen relativ geringen Kubikmeter Preis im Abschnitt Flutwassertransport auf, sind jedoch durch ihre enormen Mengen an Flutwasser in allen Perioden dennoch ein Kostentreiber. Die Sonde EN-005A weist in den einzelnen Perioden signifikante Unterschiede im Abschnitt Flutwassertransport auf. Wurde die gesamte Menge an produziertem Formationswasser bis 2011 noch im Injektor EN-001 verpumpt, wobei keine Flutwassertransport Kosten entstanden, so hat sich in der Periode 2012 der Ort der Injektion geändert und die eigens errichtete Injektor Sonde SIER-008 wird durch LKW Transporte mit dem produzierten Formationswasser beliefert. Die dadurch entstehenden, hohen Kosten pro Kubikmeter treiben ebenfalls die Kosten hoch.

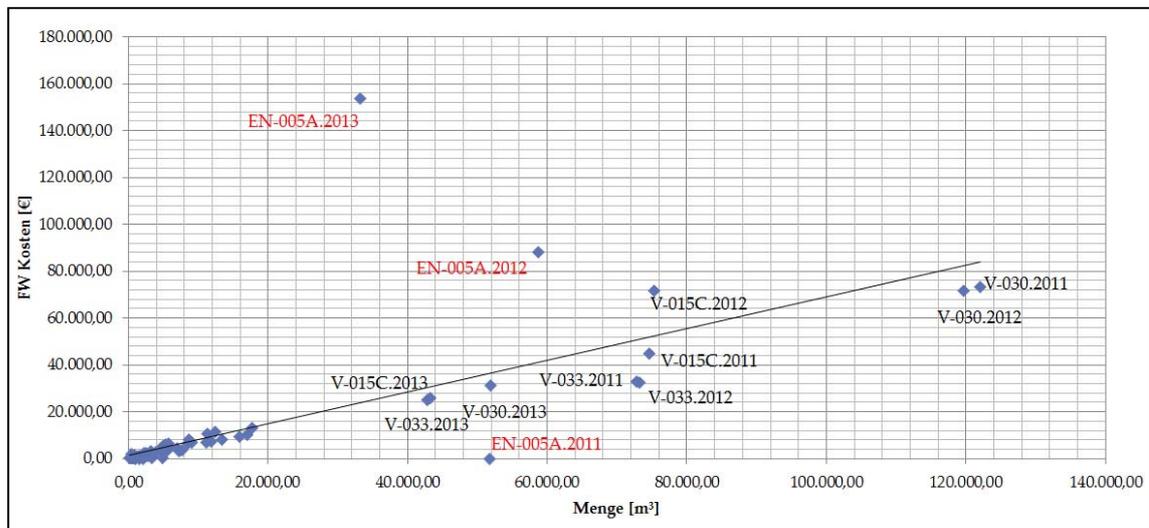
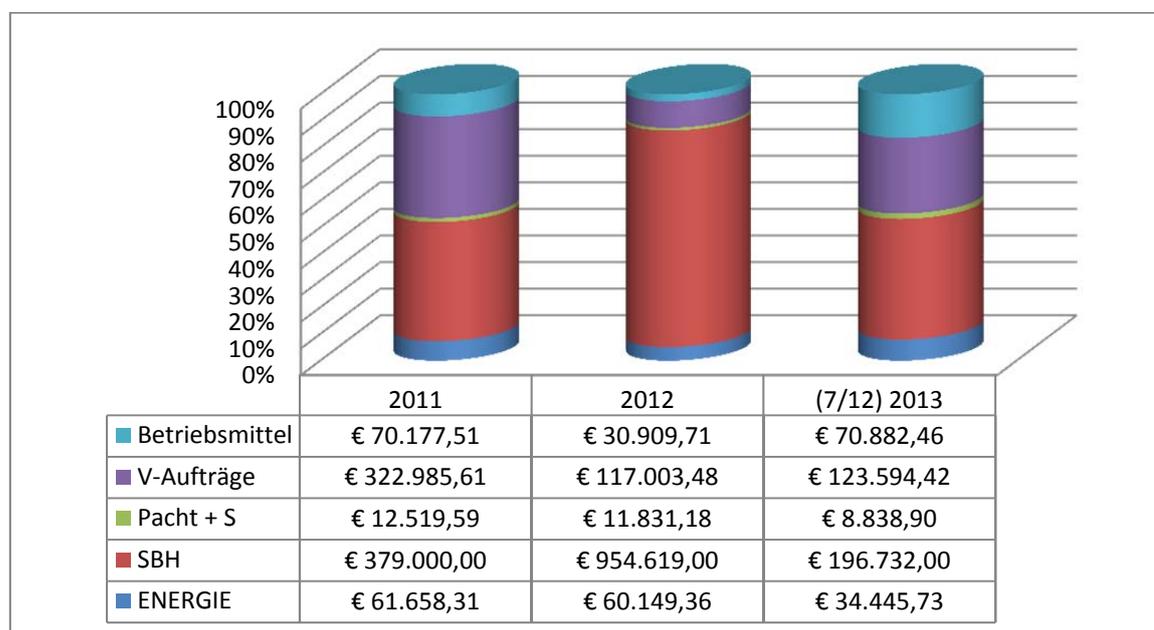


Abbildung 40: Flutwassertransport-Kosten einzelner Sonden

4.4.6 Injektion

Der Abschnitt Injektion bildet das Herzstück des gesamten Flutwassersystems der RAG und bedarf somit besonderer Aufmerksamkeit. Betrachtet man die Kosten im gesamten Wasserkreislauf der RAG im Bereich Ost, dominieren die Kosten für die Injektion über alle Perioden hinweg und machen zwischen 49% und 66% der Gesamtkosten aus.

Die Kosten in diesem Abschnitt setzen sich aus den Aufwendungen für Energie, Sondenbehandlungen (SBH), Pacht und Servituts Zahlungen, V-Aufträgen und IST-Kosten zusammen. Die Kostentreiber in diesem Abschnitt sind, wie in Abbildung 41 deutlich sichtbar, Sondenbehandlungen (SBH) und V-Aufträge.



Injektion			
Jahr	€	m³	€/m³
2011	846.341,02	439.601,05	1,93
2012	1.174.512,72	439.334,61	2,67
07/2013	434.493,50	242.233,83	1,79

Abbildung 41: Kostenverteilung im Abschnitt Injektion

Die RAG verfügt über mehrere Injektor-Sonden, die über den gesamten Bereich verteilt sind und unterschiedliche Mengen an Flutwasser verpumpen was auch unterschiedliche Kosten verursacht. Die einzelnen Injektoren im Betrachtungszeitraum des Bereiches OST sind in Tabelle 12 aufgelistet. In dieser Tabelle sind die unterschiedlichen Kosten für die einzelnen Sonden in Zusammenhang mit den verpumpten Mengen an

Flutwasser gut sichtbar und es zeigt sich, wie sehr die Kosten in den einzelnen Perioden variieren können. Auf die Zusammensetzung der Kosten der einzelnen Sonden wird besonders Wert gelegt, um die Gründe für die unterschiedlichen Kosten für jeden Kubikmeter Flutwasser sichtbar zu machen.

Injektor	Jahr	€	m ³	€/m ³
BH-005	2011	€ 385.233,90	5.849,21	€ 65,86
	2012	€ 637.401,37	57.254,80	€ 11,13
	07/2013	€ 44.021,60	24.063,00	€ 1,83
EN-001	2011	€ 53.022,38	54.170,40	€ 0,98
	2012	€ 53.296,28	50.948,40	€ 1,05
	07/2013	€ 3.212,26	16.703,80	€ 0,19
HIER-005	2011	€ 30.469,17	58.630,00	€ 0,52
	2012	€ 64.951,85	67.508,00	€ 0,96
	07/2013	€ 82.194,31	44.984,00	€ 1,83
HZG-001	2011	€ 4.502,93	2.236,86	€ 2,01
	2012	€ 3.089,54	4.971,41	€ 0,62
	07/2013	€ 11.407,15	3.006,53	€ 3,79
SAT-018	2011	€ 72.083,96	10.091,86	€ 7,14
SAT-022A	2011	€ 8.406,97	4.271,23	€ 1,97
	2012	€ 5.796,64	2.951,00	€ 1,96
	07/2013	€ 2.239,52	2.368,00	€ 0,95
SIER-008	2012	€ 240.026,62	8.456,50	€ 28,38
	2013	€ 125.036,54	19.248,30	€ 6,50
V-008	2011	€ 83.599,43	109.091,39	€ 0,77
	2012	€ 17.714,49	77.382,90	€ 0,23
	07/2013	€ 40.342,08	42.024,60	€ 0,96
V-009	2011	€ 139.288,24	22.289,28	€ 6,25
	2012	€ 5.893,20	16.719,00	€ 0,35
	07/2013	€ 43.060,94	9.977,00	€ 4,32
V-022	2011	€ 42.625,22	106.104,20	€ 0,40
	2012	€ 26.694,11	87.060,60	€ 0,31
	07/2013	€ 59.444,74	57.418,60	€ 1,04
V-037	2011	€ 27.108,83	66.866,62	€ 0,41
	2012	€ 119.648,63	66.082,00	€ 1,81
	07/2013	€ 23.534,37	22.440,00	€ 1,05

Tabelle 12: Kosten der einzelnen Injektoren

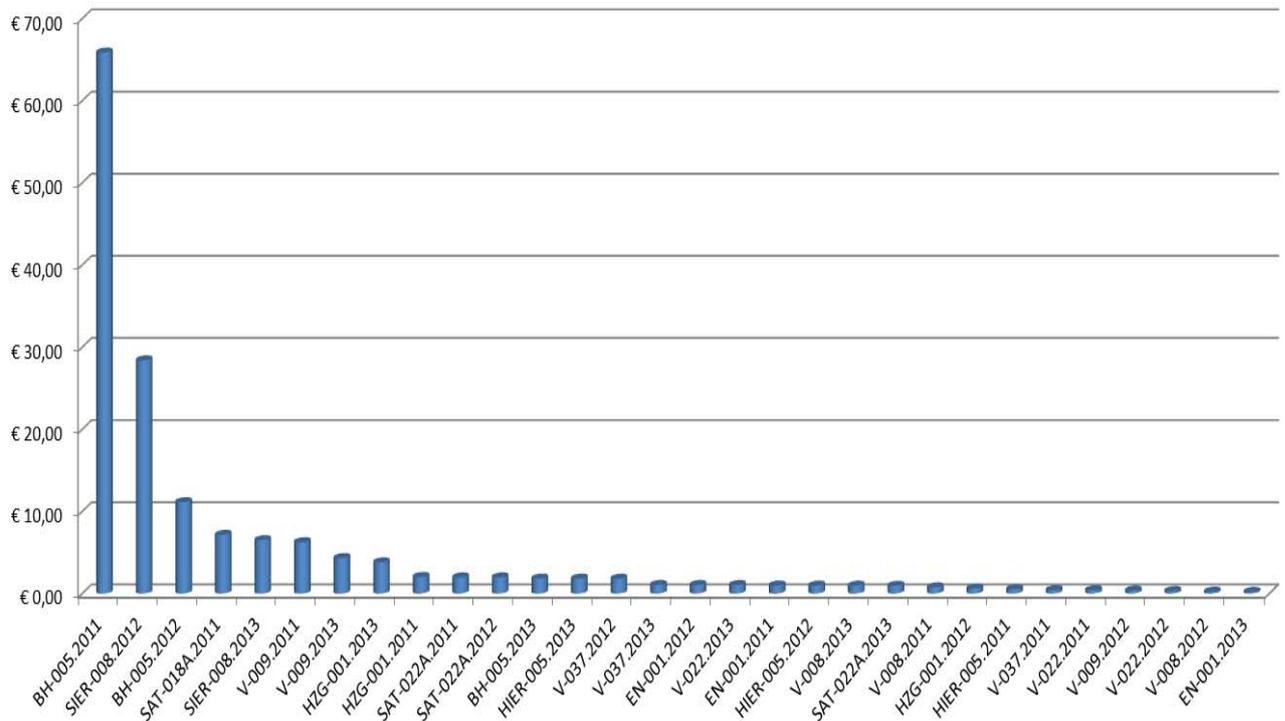


Abbildung 42: Gesamtkosten je Injektor [€/m³]

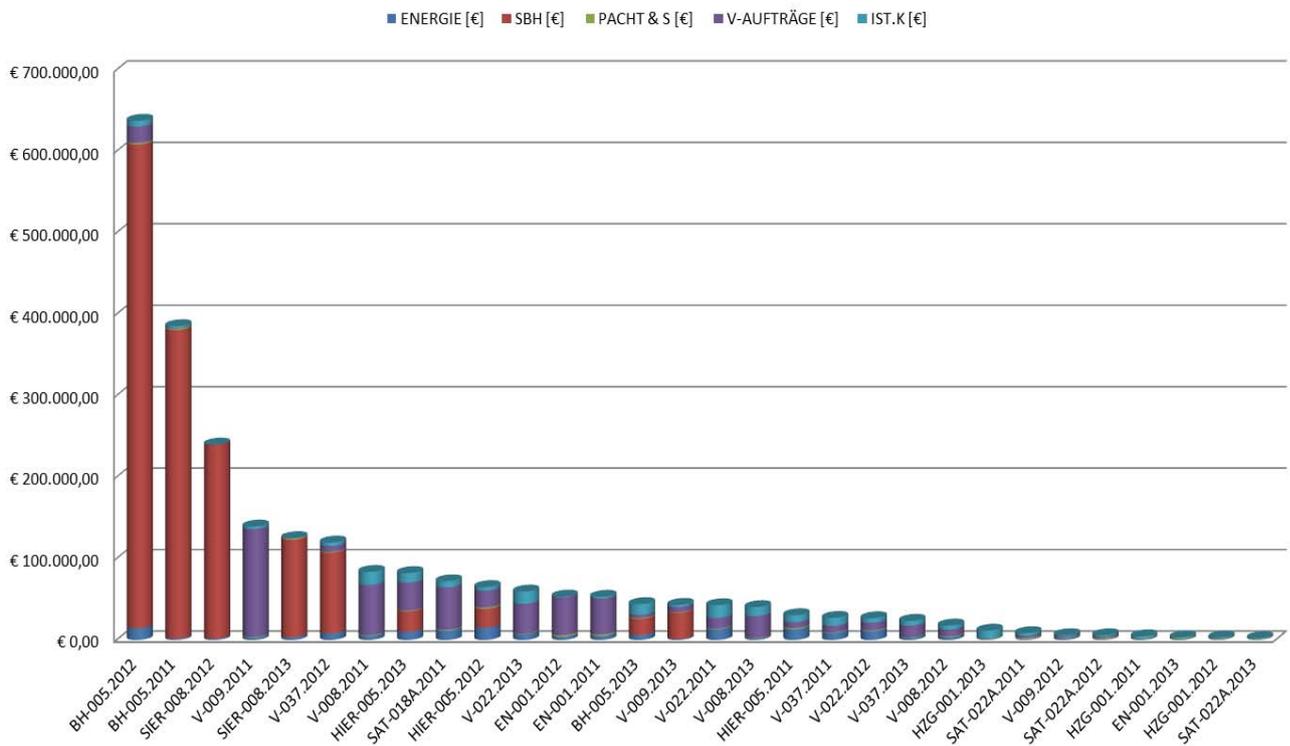


Abbildung 43: Kostenverteilung der einzelnen Injektoren

Wie in Abbildung 43 gut sichtbar, dominieren die Kosten für Sondenbehandlungen und V-Aufträge die Kostenverteilung der Injektorsonden und beeinflussen damit die Kosten

im gesamten Wasserkreislauf. Besonders auffällig in diesem Zusammenhang sind die Injektoren BH-005 und SIER-008, die sich in den einzelnen Perioden deutlich abheben.

Betrachtet man nun die Kosten für den Abschnitt Injektion auf die einzelnen Sonden umgelegt, deren Flutwasser in den entsprechenden Injektoren verpumpt wird, dann stechen hier einige Sonden besonders hervor. Abbildung 44 zeigt die einzelnen Sonden und die Kosten aus dem Abschnitt Injektion, die ihnen zugerechnet werden können.

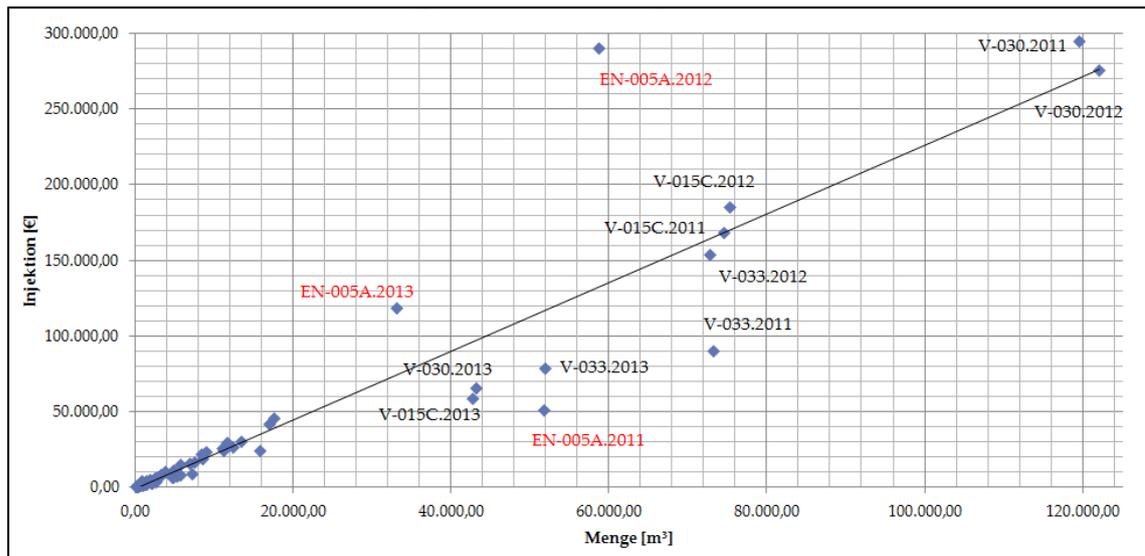


Abbildung 44: Kosten [€] und Mengen [m³] pro Injektor

Die Sonden V-015C, V-030 und V-033 stechen im gesamten Betrachtungszeitraum hervor. Der Grund hierfür sind, wie schon im Abschnitt Flutwassertransport beschrieben, die hohen Mengen an Formationswasser, die durch diese Sonden produziert werden und damit zusammenhängend auch wieder re-injiziert werden müssen. Das produzierte Formationswasser dieser Sonden wird, in den Injektoren BH-005, HIER-005, V-008, V-009 und V-022 verpumpt und „beanspruchen“ durch das enorme Volumen an Flutwasser diese Injektoren stark. Das ist auch der Grund für die hohen Kosten, die diesen Sonden zugerechnet werden müssen. Die Kosten, die im Abschnitt Injektion anfallen, werden, abhängig vom Volumen [m³] des Produktionswassers, den einzelnen Sonden zugerechnet.

Die Sonde EN-005A fällt ebenso durch ihre hohen Kosten in diesem Abschnitt auf. Das produzierte Formationswasser wird, anteilig, in den beiden Injektoren EN-001 und SIER-008 re-injiziert. Die enormen Kosten, die für den Injektor SIER-008 in den einzelnen Perioden anfallen, werden ebenfalls, abhängig vom Volumen [m³] des Produktionswassers, auf die einzelnen Sonden angerechnet. Die Sonde EN-005A trägt den größten Teil des, im Injektor SIER-008, injizierten Volumens bei und erhält folglich auch den entsprechenden Anteil der Kosten dieses Injektors angerechnet. Das erklärt die verhältnismäßig hohen Kosten dieser Sonde in den Perioden 2012 und 2013,

wohingegen die Kosten für die Periode 2011 aufgrund der Injektion in der Sonde EN-001 und deren niedrigen Kosten, verhältnismäßig gering ausfallen.

4.5 Kostenverteilung der einzelnen Sonden

Aufgrund der, für jede Sonde in jedem Jahr des gesamten Betrachtungszeitraums erstellen Wasserkreisläufe und der dadurch resultierenden Kosten, die den einzelnen Sonden im jeweiligen Zeitraum zurechenbar sind, lassen sich nicht nur die einzelnen Abschnitte, sondern auch die einzelnen Sonden sehr gut analysieren und miteinander vergleichen.

Wie in Abbildung 45 gut erkennbar, variieren die Kosten [€] der einzelnen Sonden teils stark voneinander und reichen von 950.000 € für die Sonde V-030 in der Periode 2011 bis zu wenigen Euro für die Sonde MDF-001A (2013). Jede Säule in den folgenden Diagrammen stellt eine Sonde in einem Jahr des Betrachtungszeitraums dar. Diese enormen Unterschiede sind unter anderem auf die Abschreibungen, die die Kosten für einzelne Sonden teilweise stark beeinflussen, zurückzuführen. In Abbildung 45 ist auch gut erkennbar, dass eine Vielzahl der Sonden vernachlässigbare Kosten im Bereich Wasser verursachen, und somit auch nicht relevant für eine genauere Betrachtung sind. Betrachtet man die Kosten, bezogen auf den Kubikmeter Preis [€/m³], ergibt sich ein ähnliches Bild. Abbildung 46 verdeutlicht dieses Ergebnis.

Aufgrund des großen Einflusses der Abschreibungen auf die Ergebnisse in den einzelnen Perioden, sind die folgenden Analysen ohne Abschreibungen durchgeführt worden.

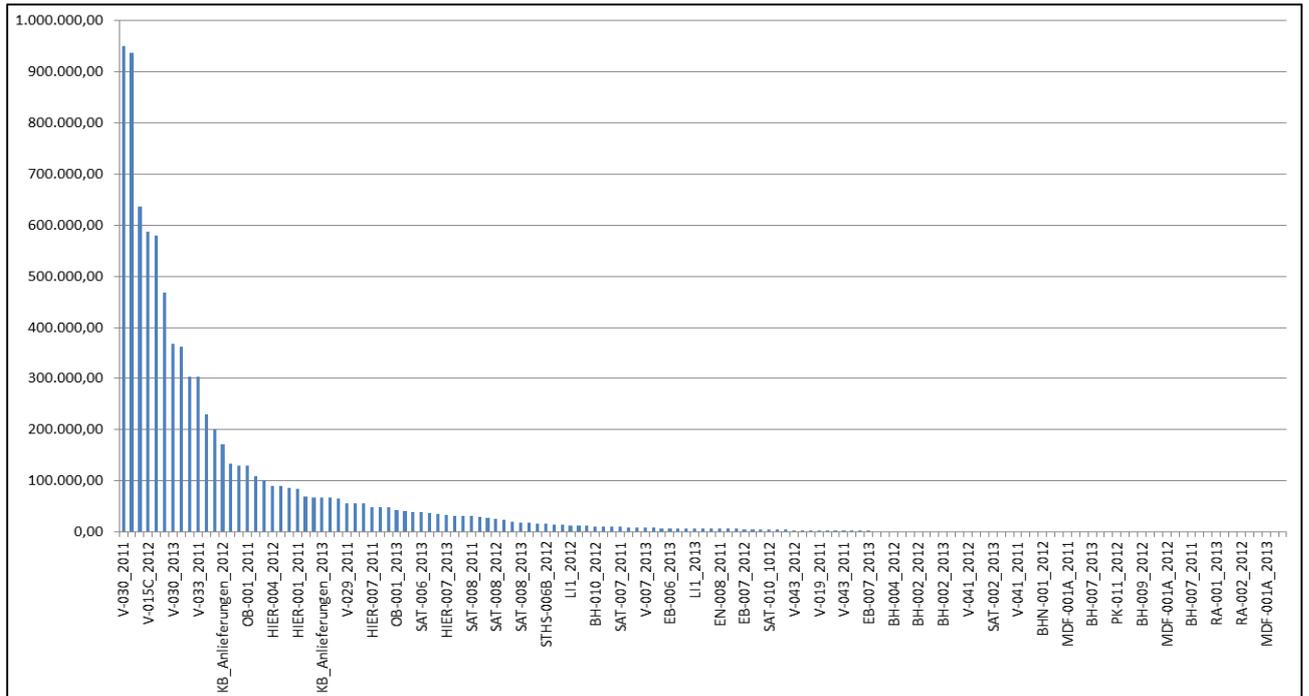


Abbildung 45: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (incl. AfA) [€]

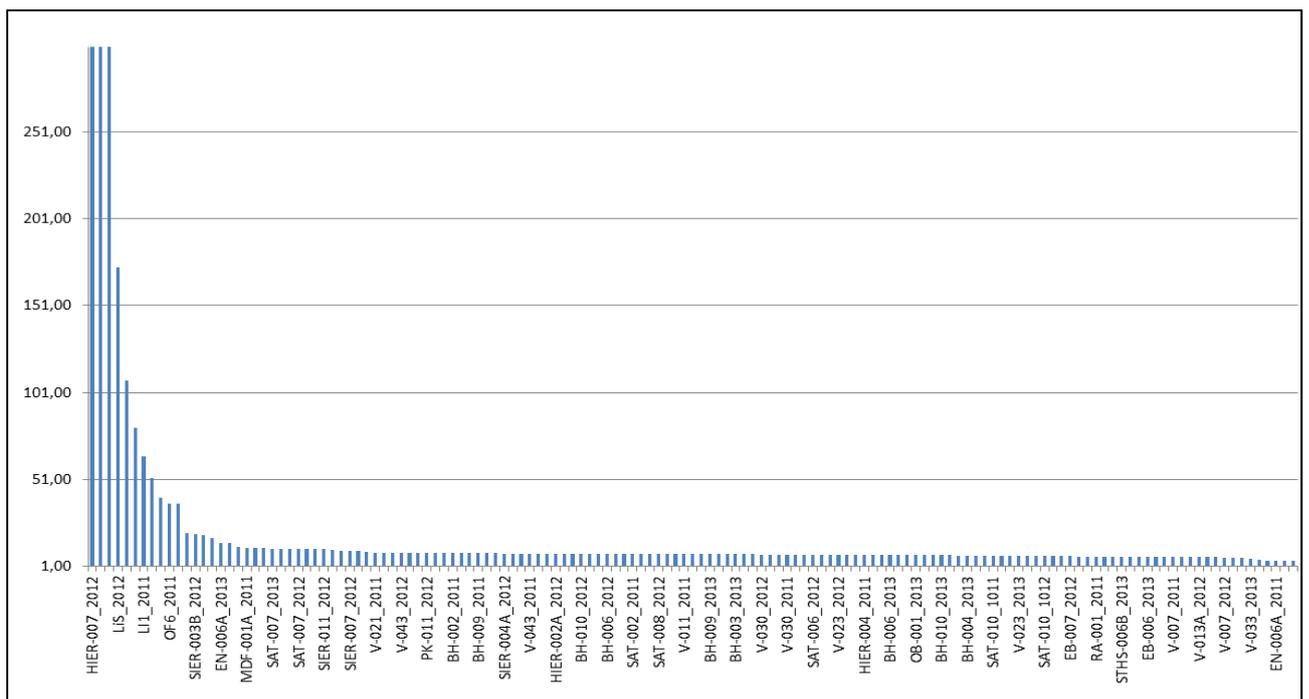


Abbildung 46: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (incl. AfA) [€/m³]

Um die einzelnen Sonden effektiver miteinander vergleichen zu können, ist es zielführender, die Sonden exklusive Abschreibungen zu analysieren.

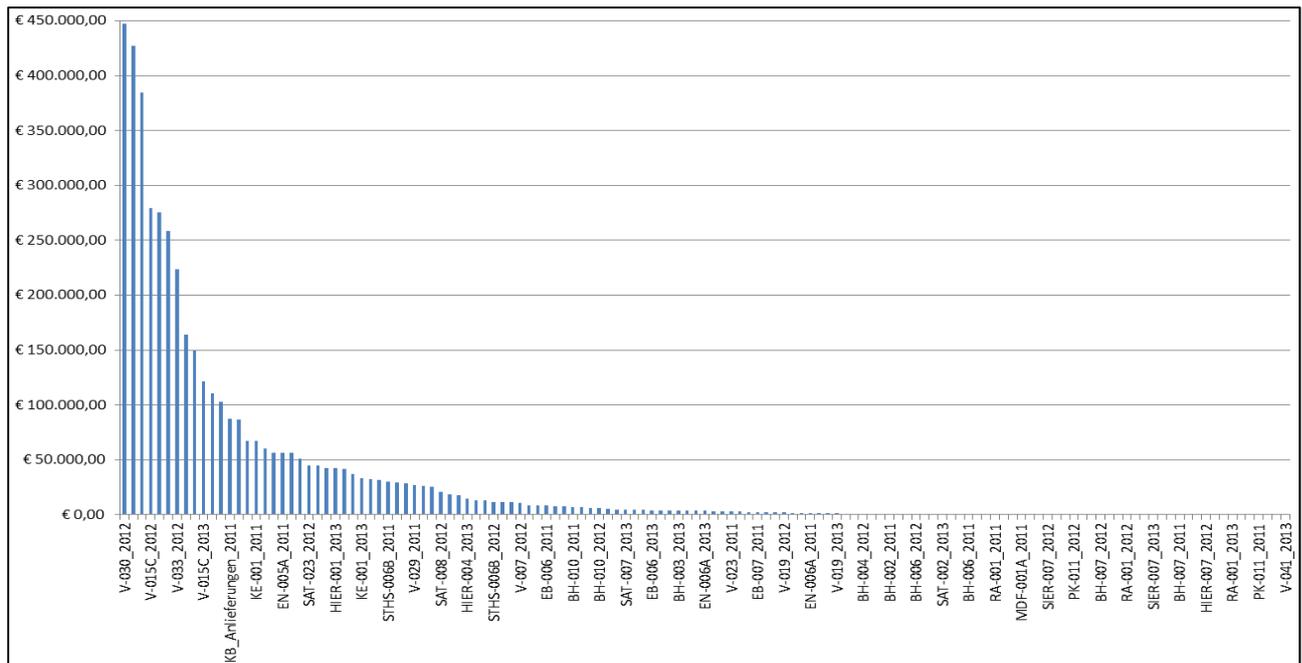


Abbildung 47: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (excl. Afa) [€]

Betrachtet man die einzelnen Sonden, über alle Perioden hinweg, exklusive Abschreibungen, ändern sich die Kosten der einzelnen Sonden teilweise dramatisch und ergeben somit ein sehr viel aussagekräftigeres Bild (s. Abbildung 47) der Kostensituation. Noch deutlicher wird der Unterschied in der Betrachtung, exklusive Abschreibungen, der Kosten pro Kubikmeter [€/m³] für die einzelnen Sonden. Ohne die teils sehr hohen Werte für Abschreibungen entsteht ein sehr viel homogeneres Bild des Sondenbestands und damit zusammenhängend eine sehr viel aussagekräftigere Analyse der möglichen Kostentreiber (s. Abbildung 48). Neben den Abschreibungen würden auch die, in Felder zusammengefassten, Gassonden in den einzelnen Perioden das Ergebnis beeinflussen und werden, auch wegen der unterschiedlichen Charakters in der Gasproduktion, separat betrachtet.

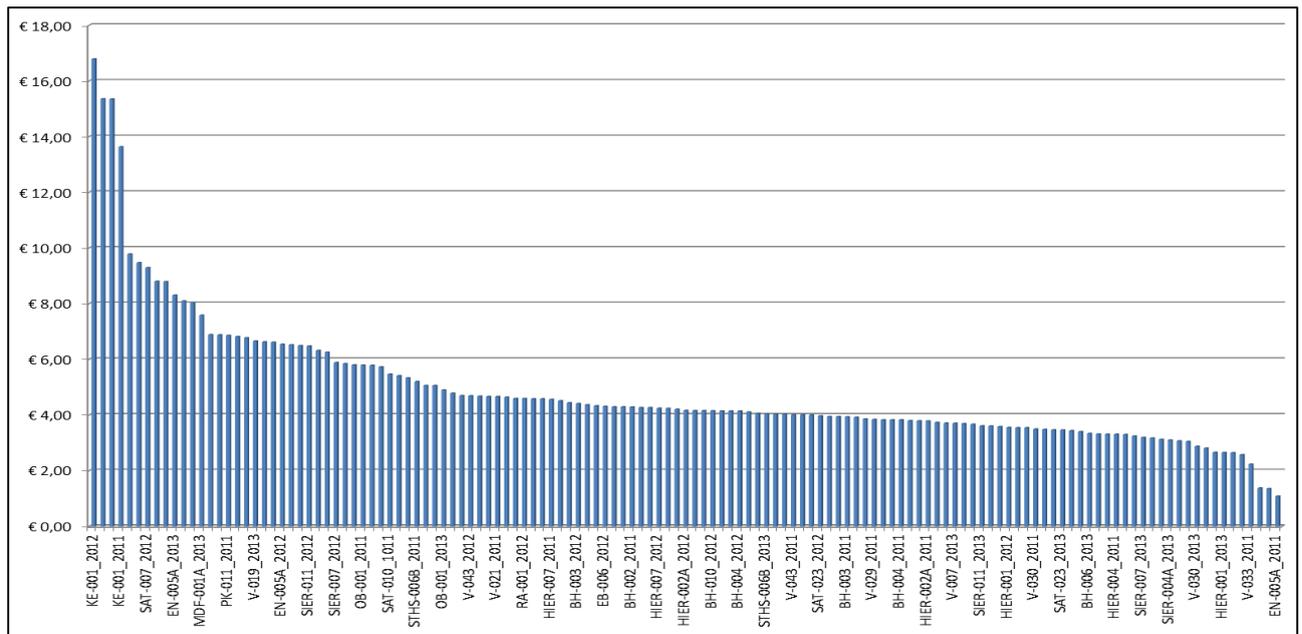


Abbildung 48: Gesamtkosten der einzelnen Sonden (excl. Afa) [€/m³]

Aufgrund der, in den Abbildung 47 & Abbildung 48 ersichtlichen, Kostenverteilung der Sonden in [€] und [€/m³] lassen sich die teuersten und billigsten Sonden im gesamtem Sondenbestand herausfiltern und deren Charakteristika im gesamtem Wasserkreislauf analysieren um eventuelle Optimierungspotentiale zu erkennen.

4.6 Teuerste Öl-Sonden

SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]	MENGE ÖL [m³]	Verw. [%]
V-030_2012	2012	€ 446.976,73	119.635,77	€ 3,74	3.173,67	97,42%
V-030_2011	2011	€ 426.861,81	122.109,75	€ 3,50	3.005,01	97,60%
EN-005A_2012	2012	€ 384.408,33	58.770,43	€ 6,54	6.737,97	89,71%
V-015C_2012	2012	€ 279.420,80	75.322,64	€ 3,71	1.296,68	98,31%
EN-005A_2013	2013	€ 275.491,11	33.163,93	€ 8,31	2.985,43	91,74%
V-015C_2011	2011	€ 258.601,99	74.601,85	€ 3,47	1.498,02	98,03%
V-033_2012	2012	€ 228.621,76	72.849,66	€ 3,14	1.304,30	98,24%
V-033_2011	2011	€ 168.722,71	73.247,31	€ 2,30	1.259,17	98,31%
V-030_2013	2013	€ 149.395,25	51.937,97	€ 2,88	1.052,51	98,01%
V-015C_2013	2013	€ 121.549,10	43.272,09	€ 2,81	384,65	99,12%
V-033_2013	2013	€ 113.434,64	42.866,99	€ 2,65	732,92	98,32%
OB-001_2011	2011	€ 103.297,31	17.680,44	€ 5,84	764,43	95,86%
OB-001_2012	2012	€ 68.066,93	12.438,08	€ 5,47	704,03	94,64%
KE-001_2011	2011	€ 67.230,49	4.931,34	€ 13,63	589,77	89,32%
HIER-001_2012	2012	€ 60.436,81	17.011,60	€ 3,55	16.073,85	51,42%
SAT-006_2011	2011	€ 56.741,03	8.512,25	€ 6,67	835,83	91,06%

Tabelle 13: Teuerste Öl-Sonden

Betrachtet man die Gesamtkosten [€] der ÖL-Sonden im Bereich OST, so wird für den Betrachtungszeitraum 2011-07/2013 ersichtlich, dass gewisse Sonden im Bestand in mehreren, teilweise auch allen Perioden, die höchsten Kosten verursachen (s. Tabelle 13). In den nachfolgenden Kapiteln werden diese Sonden einzeln betrachtet und die Kostenverteilung für die folgenden Sonden separat analysiert:

- EN-005A
- HIER-001
- KE-001
- OB-001
- SAT-006
- V-015C
- V-030
- V-033

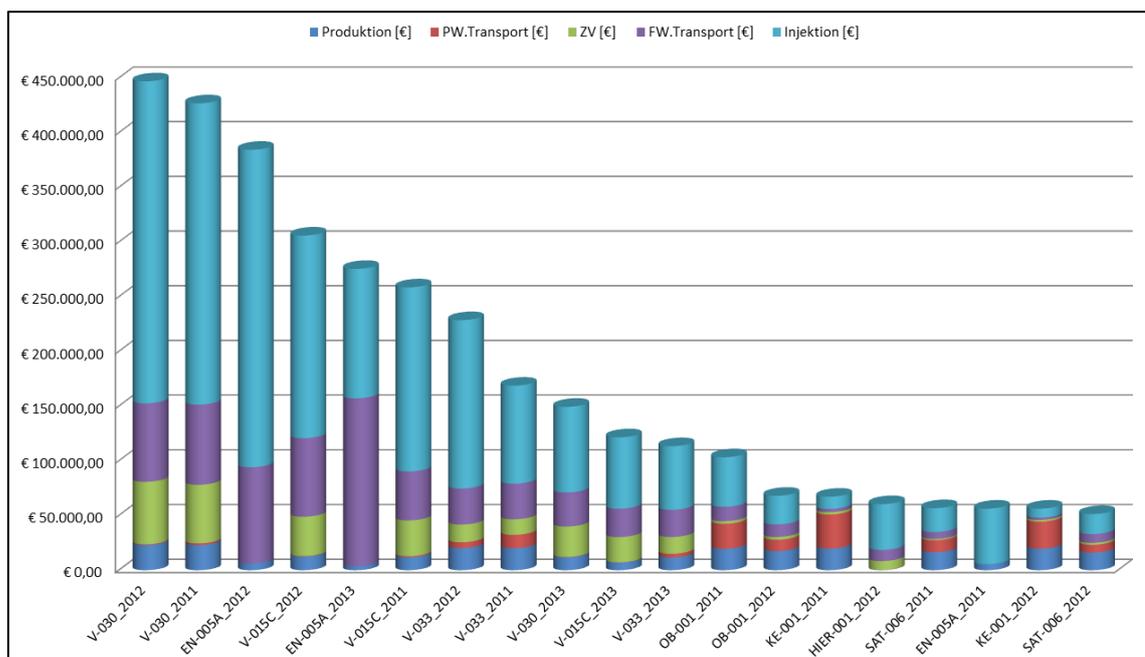


Abbildung 49: Kostenverteilung – Teuerste Sonden [€]

In Abbildung 49 wird die Verteilung der Kosten [€] von der Produktion bis zur Re-Injektion der teuersten Sonden deutlich sichtbar gemacht.

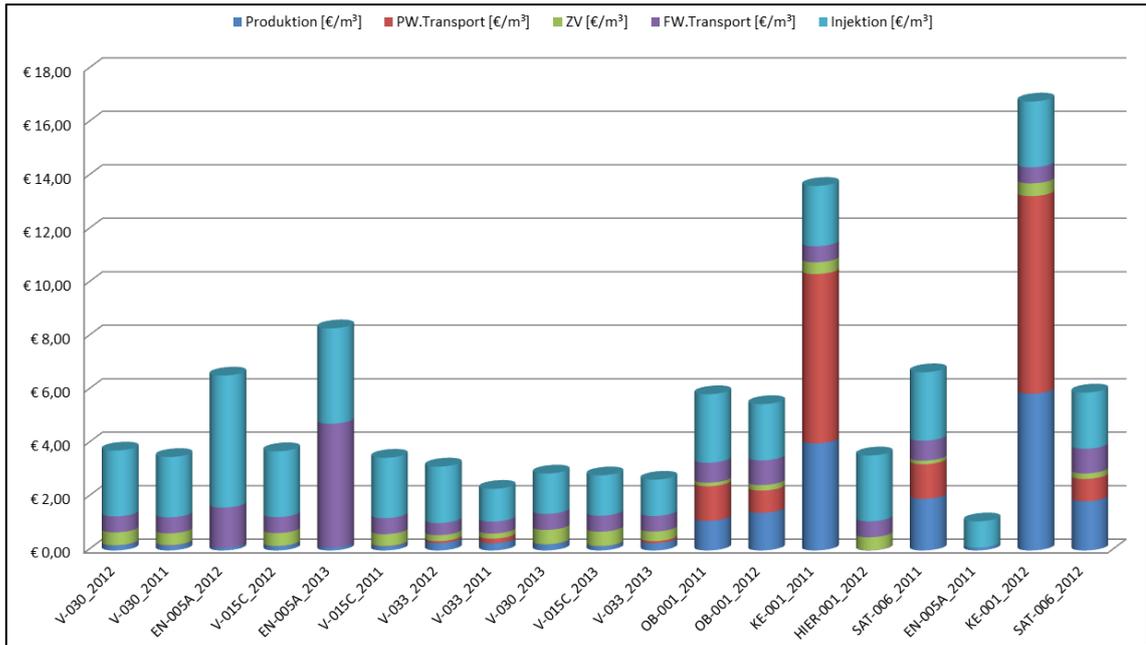


Abbildung 50: Kostenverteilung – Teuerste Sonden [€/m³]

Vergleicht man die Kosten [€] aus Abbildung 49 und die Kosten [€/m³] aus Abbildung 50, dann wird deutlich, dass hohe Kosten entweder durch große Mengen an Produktionswasser oder durch einen hohen Kosten pro Kubikmeter entstehen. Aufgrund der Relevanz der teuersten Sonden für die Gesamtbetrachtung ist es notwendig, jede dieser Sonden einzeln zu analysieren:

4.6.1 EN-005A



SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]	MENGE ÖL [m³]	VERW. [%]
EN-005A	2011	€ 56.296,95	51.807,15	€ 1,09	11.519,75	0,82
	2012	€ 384.408,33	58.770,43	€ 6,54	6.737,97	0,90
	07/2013	€ 275.491,11	33.163,93	€ 8,31	2.985,43	0,92

Abbildung 51: EN-005A

Die Sonde EN-005A weist erhebliche Unterschiede in den Kosten in den jeweiligen Jahren auf. Die enormen Sprünge in den Kosten sind auf den Änderungen im Flutwassertransport und der Injektion zurückzuführen. Die Mengen an produziertem Formationswasser wurden bis zum Jahr 2011 noch verhältnismäßig günstig im Injektor EN-001 verpumpt. Aufgrund der geographischen Lage und Anbindung der Sonden EN-005A an die Station EN-001 ist keinerlei zusätzlicher Produktions- bzw. Flutwassertransport nötig. Die Kosten für den Chemieeinsatz zur Abtrennung des Produktionswassers vom Öl wurde in diesem Fall direkt dem Abschnitt Injektion angerechnet. Das gesamte Volumen von 51.807,15 m³ wurde im Injektor EN-001 injiziert, wobei Gesamtkosten von 56.296,95 € anfielen. Diese, verhältnismäßig günstige, Variante der Injektion ist auch der Hauptgrund für die niedrigen Gesamtkosten in dieser Periode.

Ab dem Jahr 2012 wurde der Injektor SIER-008 zusätzlich in Betrieb genommen und damit zusammenhängend hat sich die Zusammensetzung der einzelnen Kosten für diese Sonde geändert. Von den 58.770,43 m³ Produktionswasser aus der Sonde EN-005A wurden 50.404,26 m³ weiterhin, verhältnismäßig günstig, in den Injektor EN-001 geleitet. Die restlichen 8.366,17 m³ wurden via LKW Transporte von der Station EN-001 an den Injektor SIER-008 transportiert und dort injiziert. Aufgrund der enormen Kosten für die LKW Transporte von 8 €/m³ und den großen Investitionen, die im Injektor SIER-008 getätigt werden mussten, haben sich sowohl die Gesamtkosten als auch die Kosten pro Kubikmeter signifikant erhöht.

In der Periode 07/2013 hat sich der Anteil des Produktionswassers für den Injektor SIER-008 auf über 53% erhöht, was sowohl die Gesamtkosten, als auch auf die Kosten pro Kubikmeter in die Höhe getrieben hat und einen Kostensatz für die Sonde EN-005A von 8,31€ pro Kubikmeter Produktionswasser im gesamten Wasserkreislauf zur Folge hatte.

4.6.2 KE-001



SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]	MENGE ÖL [m³]	VERW. [%]
KE-001	2011	€ 67.230,49	4.931,34	€ 13,63	589,77	89,32%
	2012	€ 56.288,46	3.352,43	€ 16,79	490,13	87,24%
	07/2013	€ 33.363,18	2.173,84	€ 15,35	272,20	88,87%

Abbildung 52: KE-001

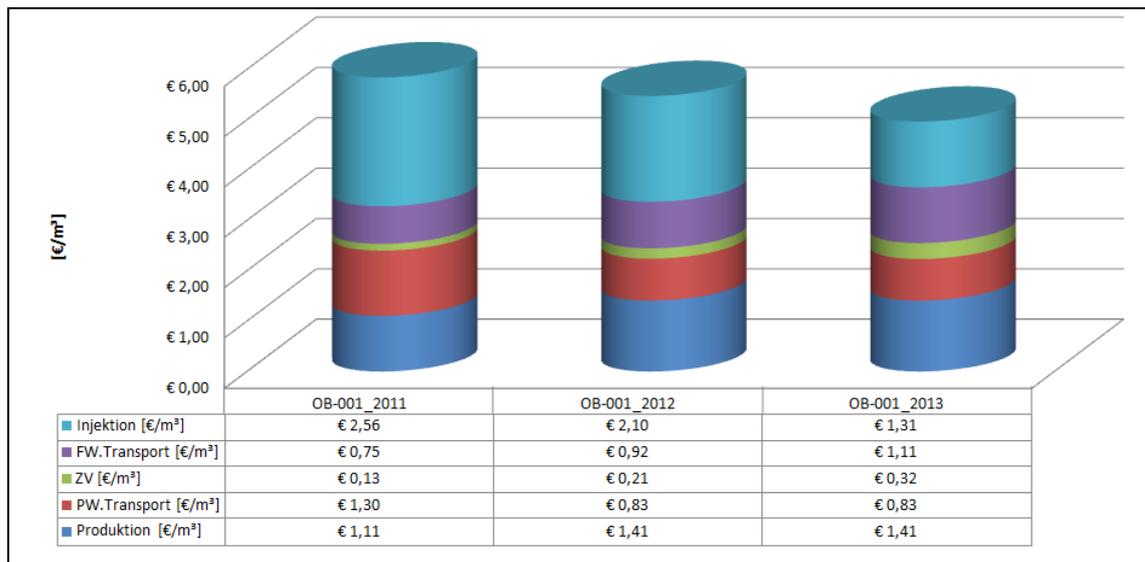
Die Sonde KE-001 zeichnet sich im gesamten Betrachtungszeitraum durch verhältnismäßig hohe Kosten pro Kubikmeter aus. Hauptverantwortlich hierfür sind die Kosten in der Produktion und der Produktionswassertransport.

Die Sonde KE-001 ist weder an das Leitungsnetz, noch an das Stromnetz der RAG angebunden. Der Strombedarf für die Produktion wird durch einen externen Stromversorger gedeckt, und liegt im gesamten Betrachtungszeitraum bei 0,16€/kWh. Aufgrund der hohen Verwässerung von über 87% fällt der Großteil der gesamten Stromkosten dem Produktionswasser zu und belastet folglich die Gesamtkosten für diese Sonde.

Das gesamte Volumen der Produktion wird aufgrund der Nichtanbindung der Sonde KE-001 an das Leitungsnetz der RAG via LKW Transporten an die Zentrale Krift transportiert. Auch hier fällt aufgrund der hohen Verwässerung, der Großteil der Kosten auf das Produktionswasser, was die Kosten Produktionswassertransports in die Höhe treibt und die Gesamtkosten für diese Sonde weiter belasten.

Aufgrund der Aufbereitung in der Zentrale Krift und der folgenden Injektion in der Flutanlage Voitsdorf sind die folgenden Abschnitte unauffällig und decken sich mit dem Großteil des Sondenbestands.

4.6.3 OB-001



SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]	Menge ÖL [m³]	VERW. [%]
OB-001	2011	€ 103.297,31	17.680,44	€ 5,84	764,43	95,86%
	2012	€ 68.066,93	12.438,08	€ 5,47	704,03	94,64%
	2013	€ 28.633,51	5.769,21	€ 4,96	299,48	95,07%

Abbildung 53: OB-001

Die Sonde OB-001 verhält sich ähnlich wie die Sonde KE-001, jedoch besteht hier eine Anbindung an das Leitungsnetz der RAG. Aufgrund der hohen Verwässerung von über 94% fällt auch hier der Großteil der Kosten für die externe Energieversorgung auf das Produktionswasser. Für diese Sonde sind externe Energiekosten von 0,14€/kWh verrechnet worden und heben sich folglich deutlich von den Kosten für die Eigenproduktion der Energie im RAG-BHKW (0,035€/kWh) ab.

Einen weiteren Kostentreiber dieser Sonden bildet der Abschnitt Produktionswassertransport. Im Gegensatz zur Sonde KE-001 findet dieser jedoch über das Leitungsnetz statt. Aufgrund der hohen Mengen an Produktionswasser und der größten Distanz im Leitungsnetz, den dieses Produktionswasser transportiert werden muss, ergeben sich verhältnismäßig hohe Kosten. Der Transport im Leitungsnetz, der auch die Stationen SAT-SAT und SII einbezieht, verursacht an eben diesen Stationen nicht nur Energiekosten sondern auch Kosten für eine teilweise Abspaltung des Wassers vom ÖL für die spätere Injektion in den einzelnen Injektoren. Durch Abtrennungen an der Station SAT-SAT werden die Injektoren SAT-022A & SAT-012/018 mit Flutwasser beliefert. Die zweite Abtrennung an der Station SII beliefert den Injektor V-037.

Die Aufbereitung, der Flutwassertransport und die letztendliche Injektion sind wiederum unauffällig, da die Injektion in den Injektoren der Flutanlage Voitsdorf bzw. dem Injektor V-037 stattfindet.

4.6.4 SAT-006



SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]	Menge ÖL [m³]	Verw. [%]
SAT-006	2011	€ 56.336,36	8.512,25	€ 6,62	835,83	91,06%
	2012	€ 50.859,58	8.701,41	€ 5,84	667,69	92,87%
	2013	€ 26.142,19	4.899,93	€ 5,34	350,88	93,32%

Abbildung 54: SAT-006

Die Kosten der Sonde SAT-006 werden, wie schon im Beispiel der Sonde OB-001 beschrieben, besonders durch hohe Kosten im Abschnitt Produktion und Produktionswassertransport geprägt. Auch diese Sonde verfügt über eine hohe Verwässerung von über 90% und eine externe Energieversorgung, welche für die hohen Produktionskosten verantwortlich sind. Die Kosten der externen Energieversorgung betragen auch hier 0,16 €/kWh, was, wie auch schon in den vorhergehenden Beispielen erwähnt, weit über den Kosten der Eigenversorgung liegt.

Aufgrund der hohen Verwässerung und verhältnismäßig hohen Menge an Produktionswasser entstehen im Wasserkreislauf dieser Sonde erhebliche Kosten für den Transport, die Aufbereitung und letztendlich die Injektion.

4.6.5 V-015C, V-030, V-033

SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m ³]	GESAMT [€/m ³]	Menge ÖL [m ³]	Verw. [%]
V-015C	2011	€ 258.601,99	74.601,85	€ 3,47	1.498,02	98,03%
	2012	€ 279.420,80	75.322,64	€ 3,71	1.296,68	98,31%
	2013	€ 121.549,10	43.272,09	€ 2,81	384,65	99,12%

Tabelle 14: V-015C

SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m ³]	GESAMT [€/m ³]	Menge ÖL [m ³]	Verw. [%]
V-030	2011	€ 426.861,81	122.109,75	€ 3,50	3.005,01	97,60%
	2012	€ 446.976,73	119.635,77	€ 3,74	3.173,67	97,42%
	2013	€ 149.395,25	51.937,97	€ 2,88	1.052,51	98,01%

Tabelle 15: V-030

SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m ³]	GESAMT [€/m ³]	Menge ÖL [m ³]	Verw. [%]
V-033	2011	€ 163.712,76	73.247,31	€ 2,24	1.259,17	98,31%
	2012	€ 223.791,46	72.849,66	€ 3,07	1.304,30	98,24%
	2013	€ 110.417,00	42.866,99	€ 2,58	732,92	98,32%

Tabelle 16: V-033

Die Sonden V-015C, V-030 und V-033 können aufgrund ihrer ähnlichen Charakteristika zusammen betrachtet werden. Diese drei Sonden weisen allesamt eine sehr hohe Verwässerung auf, die über 99% liegen kann. Gleichsam produzieren diese Sonden, zusammen mit der schon in Kapitel 4.6.1 beschriebenen Sonden EN-005A, die höchsten Mengen an Formationswasser. Alle drei Sonden weisen zwar einen verhältnismäßig geringen Kubikmeter-Preis auf, jedoch treibt in diesem Fall die Menge an Produktionswasser die Gesamtkosten in die Höhe.

Die Sonden V-015C und V-030 leiten die Produktion über die Station SIII direkt an die Zentrale Krift wo die Aufbereitung stattfindet und folglich die gesamten Mengen an Flutwasser in der Flutanlage Voitsdorf re-injiziert werden.

Die Produktion der Sonde V-033 wird zuerst über die Station SII geleitet, wo die Abtrennung für die jeweiligen Mengen an Flutwasser durchgeführt wird, die in den einzelnen Perioden in den Injektor V-037 geleitet werden. Über die Station SIII wird die restliche Produktion in die Zentrale Krift geleitet, wo wiederum die Aufbereitung und letzten Endes die Injektion in der Flutanlage Voitsdorf durchgeführt wird.

4.7 Billigste ÖL-Sonden

Bei der Betrachtung der günstigsten Sonden über den gesamten Betrachtungszeitraum, zeigt sich sehr schnell, dass diejenigen Sonden, deren Verwässerung am geringsten ist, auch die geringsten Kosten, basierend auf Wasser, verursachen. Aufgrund der, teilweise extrem geringen Verwässerung von 0-2% sind die dadurch entstandenen Kosten vernachlässigbar. Um dennoch eine Analyse der Wasserkreisläufe der billigen Sonden durchführen zu können, wurden die billigsten Sonden, deren Gesamtkosten 1000€ übersteigen herangezogen und betrachtet (Tabelle 17)

SONDE	JAHR	GESAMT [€]	GESAMT [€/m ³]	MENGE WASSER [m ³]	Menge ÖL [m ³]	Verw. [%]
V-019	2013	€ 1.014,29	€ 6,73	150,71	160,98	48,35%
SAT-002	2011	€ 1.122,87	€ 6,67	168,25	1.798,40	8,55%
V-043	2011	€ 1.369,74	€ 4,02	341,14	1.932,45	15,00%
EN-006A	2011	€ 1.437,96	€ 1,38	1.044,48	802,36	56,55%
EB-007	2013	€ 1.484,84	€ 3,99	372,18	217,53	63,11%
V-023	2012	€ 1.622,80	€ 3,55	457,33	713,20	39,07%
V-019	2012	€ 2.135,71	€ 6,88	310,21	273,52	53,14%
EN-008	2011	€ 2.148,83	€ 1,36	1.582,15	25,12	98,44%
V-043	2012	€ 2.219,59	€ 4,69	473,18	959,05	33,04%
EB-007	2011	€ 2.345,32	€ 4,50	520,62	259,97	66,70%
SAT-010	2013	€ 2.472,09	€ 4,33	570,98	187,17	75,31%
V-023	2011	€ 2.766,57	€ 3,30	837,85	990,78	45,82%
V-019	2011	€ 2.789,49	€ 5,80	481,06	404,82	54,30%
V-021	2013	€ 3.064,62	€ 3,58	855,13	452,62	65,39%

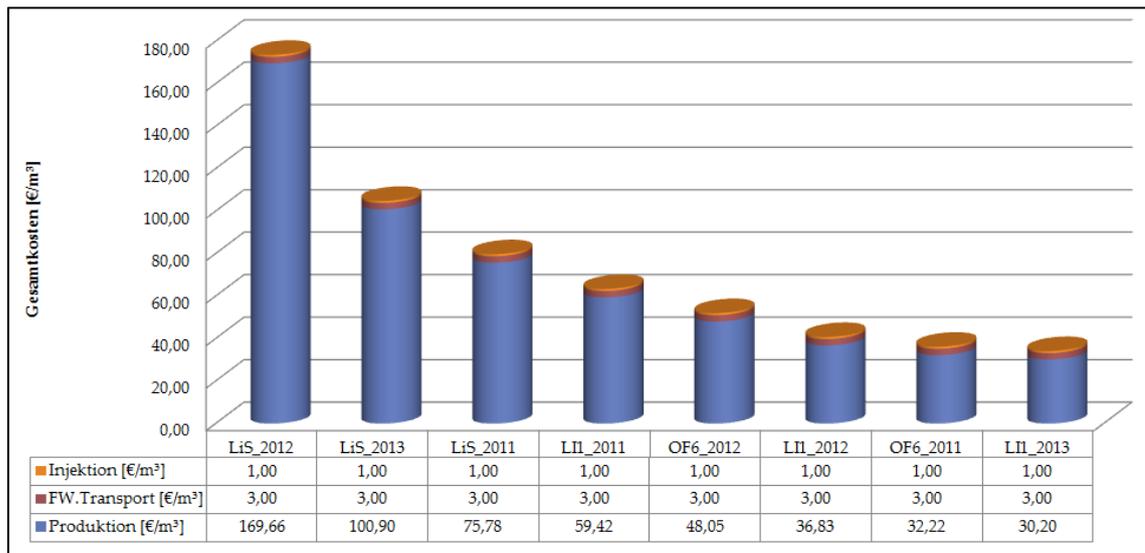
Tabelle 17: Billigste Sonden

Betrachtet man gleichzeitig die Menge an produziertem Formationswasser und die Kosten pro Kubikmeter für dieses Wasser, dann werden für den günstigen Betrieb einzelner Sonden mehrere interessante Trends sichtbar:

- Während die teuersten Sonden im Bestand allesamt eine Verwässerung von über 90% aufweisen, so variiert der Grad der Verwässerung bei den günstigen Sonden stark und reicht von 8,55% bis 98,44%.
- Die Gesamtkosten in [€/m³], variieren ebenfalls stark und führen nur aufgrund der geringen Mengen an Wasser zu keinerlei signifikant hohen Kosten [€].
- Der Abschnitt Produktion stellt sich bei allen Sonden, mit Ausnahme der Sonde V-019, als günstig heraus. Der Grund für die hohen Kosten dieser Sonde im Abschnitt Produktion liegt in den hohen Energiekosten durch die Stromversorgung aus externen Quellen.
- Die Sonden weisen alle einen günstigen Produktionswassertransport durch das Leitungsnetz auf. Eine Ausnahme stellt hier ebenso die Sonde V-019 dar, die aber aufgrund der vergleichsweise geringen Mengen an Produktionswasser nicht weiter auffällig ist.

- Die Aufbereitung in der Zentrale Krift (ZV) ist in den Perioden für jeden Kubikmeter gleich teuer und hängt ausschließlich von der Menge [m³] ab, die jede Sonde an die Zentrale liefert. Die geringen Mengen an Produktionswasser sind hier für die geringen Gesamtkosten verantwortlich.
- Der Flutwassertransport der billigen Sonden ist ebenfalls von der Menge und der Art und Weise des Transports abhängig. Die billigen Sonden weisen alleamt verhältnismäßig geringe Mengen an Flutwasser, in Kombination mit Leitungstransport auf.
- Die Kosten [€] für die Injektion hängen von der Menge an Wasser ab, das verpumpt wird und den Injektoren, die beliefert werden.

4.8 GAS-Produktion

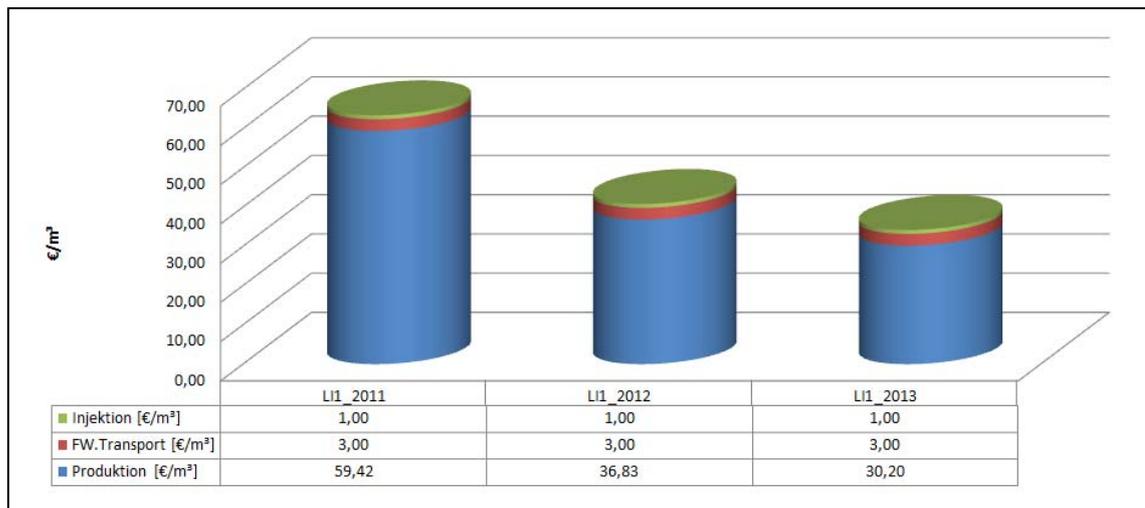


SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]
LiS_2012	2012	€ 4.832,76	27,89	€ 173,28
LiS_2013	2013	€ 2.773,05	25,75	€ 107,69
LiS_2011	2011	€ 3.965,11	49,08	€ 80,79
LI1_2011	2011	€ 19.740,78	306,40	€ 64,43
OF6_2012	2012	€ 35.259,22	682,42	€ 51,67
LI1_2012	2012	€ 13.289,56	328,53	€ 40,45
OF6_2011	2011	€ 29.294,98	786,75	€ 37,24
LI1_2013	2013	€ 6.839,96	184,90	€ 36,99

Abbildung 55: Gasproduktion (feldweise Betrachtung)

Die einzelnen Gassonden im Bereich OST werden aufgrund ihrer geringen Einzelmen- gen an produziertem Formationswasser feldweise betrachtet – Li1, LiS & OF6. Für die Jahre 2011 und 2012 werden alle drei Gasfelder in die Betrachtung miteinbezogen. Ab dem Jahr 2013 fällt das Feld OF6 nicht mehr in die Zuständigkeit des Bereichs OST und wird somit auch nicht berücksichtigt. Wie in Abbildung 55 deutlich sichtbar, heben sich die Kosten für das Produktionswasser basierend auf den Kubikmeter Preis, deut- lich von den Öl-Sonden ab, was eine separate Betrachtung notwendig macht.

4.8.1 Gasfeld LI-1



SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]
LI1_2011	2011	€ 19.740,78	306,40	€ 64,43
	2012	€ 13.289,56	328,53	€ 40,45
	2013	€ 6.839,96	184,90	€ 36,99

Abbildung 56: Gasfeld LI-1

Wie Abbildung 56 zu entnehmen, dominieren die Kosten für die Produktion in allen Perioden deutlich. Der Grund hierfür sind die Kosten für Energie, Chemie und V-Aufträgen die in den jeweiligen Perioden anfallen.

Die Energiekosten fallen, aufgrund der externen Stromversorgung mit 0,16€/kWh vergleichsweise hoch aus für die jeweiligen Mengen an Produktionswasser. Für die Perioden konnten folgende Werte ermittelt werden: 9.679,43€ (2011), 8.398,87€ (2012) und 4.577,30€ (07/2013).

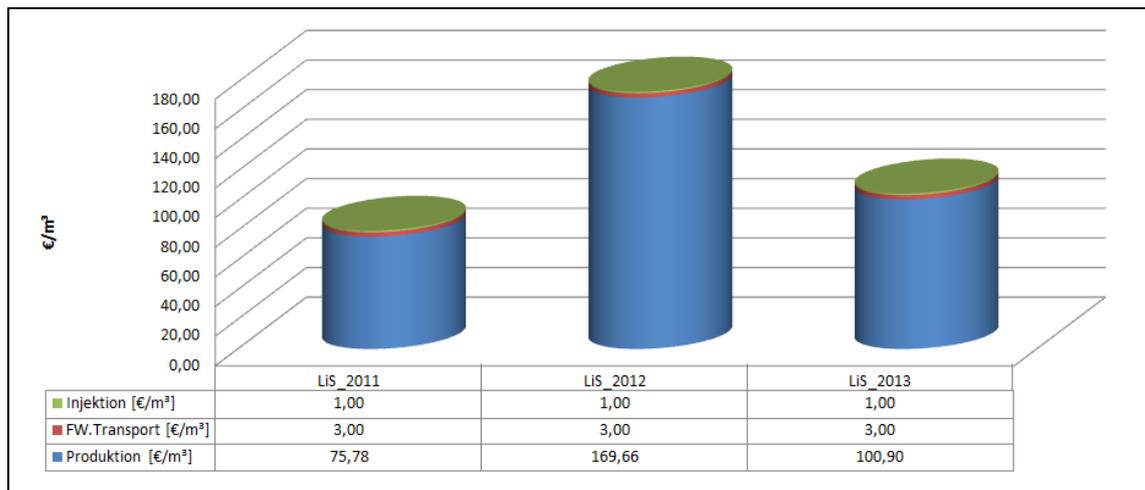
Die Aufwendungen für Chemikalien stellen ebenfalls einen bedeutenden Kostenfaktor im Bereich der Gassonden dar. Die eingesetzten Chemikalien umfassen wöchentliche Mengen für Schäumer (FMW85307), Entschäumer (DFW85685) und Sticks und betragen zusammen 1.725,36€ (2011, 2012), 1.006,46€ (07/2013).

V-Aufträge sind der dritte Teil, der, in der Produktion angefallenen Kosten für das Feld LI1 und betragen für die Perioden 6.800€ (2011) und 8.398,87€ (2012).

Der Flutwassertransport wurde für alle Perioden durch LKW-Transporte an den Injektor HZG-001 durchgeführt und pro Kubikmeter abgerechnet. Die Kosten hierfür belaufen sich auf 3 €/m³.

Die Injektion in der Schlucksonde HZG-001 war in allen Perioden mit einem Wert von 1 €/m³ vergleichsweise günstig.

4.8.2 Gasfeld LI-S



SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]
	2012	€ 4.832,76	27,89	€ 173,28
LiS_2012	2013	€ 2.773,05	25,75	€ 107,69
	2011	€ 3.965,11	49,08	€ 80,79

Abbildung 57: Gasfeld LI-S

Wie in Abbildung 57 erkennbar, dominieren auch hier die Kosten für die Produktion in allen Perioden deutlich. Der Grund hierfür sind die Kosten für Energie und Chemie die in den jeweiligen Perioden anfallen.

Die Energiekosten fallen, aufgrund der externen Stromversorgung mit 0,17€/kWh - 0,18 €/kWh vergleichsweise hoch aus für die Mengen an Produktionswasser. Für die Perioden konnten folgende Werte ermittelt werden: 1.999,96€ (2011), 3.012,64€ (2012) und 1.595,28€ (07/2013).

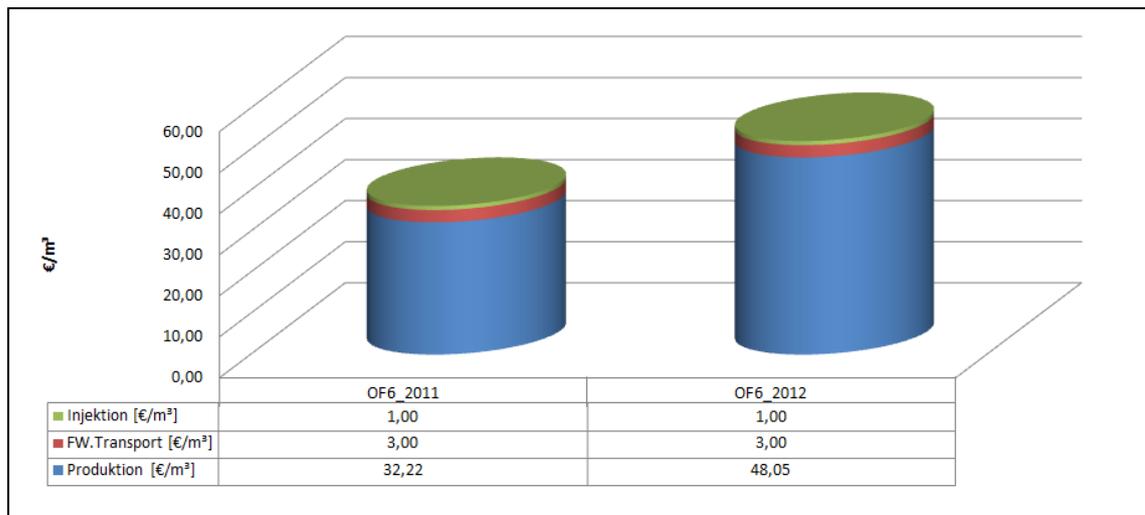
Die Aufwendungen für Chemikalien stellen ebenfalls einen bedeutenden Kostenfaktor im Bereich der Gassonden dar. Die eingesetzten Chemikalien umfassen wöchentliche Mengen für Schäumer (FMW85307), Entschäumer (DFW85685) und Sticks und betragen zusammen 1.719,12€ (2011, 2012), 1.002,82€ (07/2013).

Im Gegensatz zu den Feldern Li1 und OF6 fielen hier keine Kosten für V-Aufträge in der Produktion an, die auf Wasser zurückzuführen sind.

Der Flutwassertransport wurde für alle Perioden ebenfalls durch LKW-Transporte an den Injektor HZG-001 durchgeführt und pro Kubikmeter abgerechnet. Die Kosten hierfür belaufen sich auf 3 €/m³.

Die Injektion in der Schlucksonde HZG-001 war in allen Perioden mit einem Wert von 1 €/m³ vergleichsweise günstig.

4.8.3 Gasfeld OF-6



SONDE	JAHR	GESAMT [€]	MENGE WASSER [m³]	GESAMT [€/m³]
OF6_2012	2012	€ 35.259,22	682,42	€ 51,67
	2011	€ 29.294,98	786,75	€ 37,24

Abbildung 58: Gasfeld OF-6

Wie in Abbildung 58 gut erkennbar, dominieren, wie auch in den Gasfeldern Li1 und LiS, hier die Kosten für die Produktion in allen Perioden deutlich. Der Grund hierfür sind die Kosten für Energie und Chemie und V-Aufträgen die in den jeweiligen Perioden anfallen.

Die Energiekosten fallen, trotz der externen Stromversorgung mit 0,21 €/kWh - 0,23 €/kWh, durch die geringen Mengen an Strom (kWh) vergleichsweise niedrig aus. Für die Perioden konnten folgende Werte ermittelt werden: 372,76 € (2011) und 244,93 € (2012).

Die Aufwendungen für Chemikalien stellen wiederum einen bedeutenden Kostenfaktor im Bereich der Produktion dar. Die eingesetzten Chemikalien umfassen wöchentliche Mengen für Schäumer (FMW85307), Entschäumer (DFW85685) und Sticks und betragen zusammen 2.269,32€ (2011 & 2012).

Die Aufwendungen für V-Aufträge machen in diesem Feld die höchsten Kosten in der Produktion aus und belaufen sich auf 22.738,88€ (2011) und 30.246,61€ (2012).

Der Flutwassertransport wurde für beide Perioden wiederum durch LKW-Transporte an den Injektor HZG-001 durchgeführt und pro Kubikmeter abgerechnet. Die Kosten hierfür belaufen sich auf 3 €/m³.

Die Injektion in der Schlucksonde HZG-001 war in beiden Perioden mit einem Wert von 1 €/m³ vergleichsweise günstig.

4.9 Optimierungspotentiale & Szenarien

Ein wichtiger Bestandteil der Arbeit war es, mögliche Optimierungspotentiale zu erkennen und aufzuzeigen. Hierbei wurde Szenarien entwickelt, die eine Senkung der Kosten für das Produktionswasser in Zukunft möglich machen könnten. Diese Szenarien wurden durchgerechnet und auf ihre ökonomische Vorteilhaftigkeit überprüft.

Im Verlauf der Arbeit wurden folgende Möglichkeiten der Optimierung deutlich:

- Ersatz Fremdstrom durch Strom aus Eigenproduktion
- Wegfall der Sonden V-015C, V-030 & V-033
- Wegfall der Injektoren SAT-018A & SAT-022
- Einsparungspotential durch Verbesserung der Wasserqualität

4.9.1 Ersatz Fremdstrom durch Strom aus Eigenerzeugung

Im Abschnitt Produktion sind die Energiekosten der kostenintensivste Faktor und hier ein signifikanter Unterschied lässt sich zwischen den Kosten pro MWh [€/MWh] für Fremdstrom und Strom aus der Eigenproduktion im betriebseigenen BHKW erkennen. Die Kosten für extern zugekauften Strom für die betreffenden Sonden liegen zwischen 160,00-165,00 €/MWh, wohingegen die Kosten für Strom aus der Eigenproduktion bei 35,00 €/MWh liegen. Hierbei wurden ausschließlich die Kosten für das Gas herangezogen, welches für die Energieproduktion notwendig war. Zusätzliche Kosten, die für den Betrieb des BHKW entstehen, sowie Abschreibungen und eventuelle Reparaturarbeiten wurden nicht ermittelt. Eine Anbindung an das RAG-Stromnetz, welches durch das eigens betriebene BHKW beliefert wird könnte hier eine Ersparnis von 0,12 € pro Kubikmeter Produktion führen. In absoluten Zahlen wären allein auf die Produktion von Formationswasser bezogenen Kosten im Betrachtungszeitraum jährliche Einsparungen von 52.325,95 € (2011), 50.384,46 € (2012) und 29.281,70 € (07/2013) bei den jeweiligen Sonden möglich. Wie in Tabelle 18 erkennbar, lässt sich für jede Sonde ein Potential zur Senkung der Betriebskosten erheben.

	2011		2012		07/2013	
	Fremdstrom	Eigenstrom	Fremdstrom	Eigenstrom	Fremdstrom	Eigenstrom
KE-001	€ 19.760,40	€ 4.322,59	€ 19.657,97	€ 4.300,18	€ 12.747,04	€ 2.788,42
MDF-001-A	€ 87,84	€ 18,63	€ 23,24	€ 4,93	€ 2,98	€ 0,63
OB-001	€ 19.552,76	€ 4.888,19	€ 17.506,71	€ 4.376,68	€ 8.120,22	€ 2.030,06
SAT-002	€ 330,21	€ 72,23	€ 289,67	€ 63,37	€ 165,36	€ 36,17
SAT-006	€ 16.422,20	€ 3.592,36	€ 16.022,98	€ 3.505,03	€ 9.022,83	€ 1.973,75
SAT-007	€ 4.424,33	€ 967,82	€ 4.112,06	€ 899,51	€ 2.589,97	€ 566,56
SAT-008	€ 7.180,82	€ 1.570,80	€ 7.579,56	€ 1.658,03	€ 5.156,95	€ 1.128,08
SUMME	€ 67.758,57	€ 15.432,63	€ 65.192,18	€ 14.807,72	€ 37.805,36	€ 8.523,66
Ersparnis [€]	€ 52.325,94		€ 50.384,46		€ 29.281,70	
Ersparnis [€/m³]	€ 0,12					

Tabelle 18: Mögliche Energiekostenoptimierung - Sonden

Die Station SAT-SAT wird ebenfalls mittels Strom aus externem Zukauf betrieben. Die Kosten hierfür betragen 140 €/MWh. Wie schon bei den Sonden würde auch bei der Station SAT-SAT eine Anbindung an das RAG-interne Stromnetz zu einer Reduktion der operativen Kosten um 0,11€ pro Kubikmeter führen. Eine Kostenersparnis von 18.058,72 € (2011), 13.676,90 (2012), 6.166,51 € (07/2013) könnte hier erzielt werden.

	2011		2012		07/2013	
	Fremdstrom	Eigenstrom	Fremdstrom	Eigenstrom	Fremdstrom	Eigenstrom
SAT-SAT	€ 24.078,29	€ 6.019,57	€ 18.235,86	€ 4.558,97	€ 8.222,01	€ 2.055,50
Ersparnis [€]	€ 18.058,72		€ 13.676,90		€ 6.166,51	
Ersparnis [€/m³]			€ 0,11			

Tabelle 19: Mögliche Energiekostenoptimierung – Station SAT-SAT

Zusätzliche Investitionen, die für die Anbindung der Sonden und Station SAT-SAT nötig wären, sind in dieser Analyse nicht enthalten.

4.9.2 Wegfall der Sonden V-015C, V-030 & V-033

Wie schon im Verlauf dieser Arbeit beschrieben, verursachen die Sonden V-015C, V-030 & V-033 zusammen einen Großteil des Produktionswassers bei verhältnismäßig geringer Ölproduktion. Zusammen produzierten diese drei Sonden 62,43% (2011), 63,51% (2012) und 60,69% (07/2013) der gesamten Wasserproduktion im RAG-FBO, bei einer Ölproduktion von 5,30% (2011), 5,84% (2012) und 3,29% (07/2013). Die kombinierte Verwässerung dieser Sonden liegt bei über 97%.

Mengen H2O [m³] RAG FBO-OST			
JAHR	2011	2012	2013
m³	432.394,24	421.706,55	227.504,05

Mengen H2O [m³]			
SONDE	2011	2012	2013
V-033	73.247,31	72.849,66	42.866,99
V-030	122.109,75	119.635,77	51.937,97
V-015C	74.601,85	75.322,64	43.272,09
SUMME	269.958,92	267.808,07	138.077,05

Tabelle 20: V-015C, V-030, V-033 - Produktionsmengen

Ein Wegfall dieser drei Sonden würde zwar einerseits Ersparnisse im Bereich Produktionswasser zur Folge haben, jedoch würde durch die Abschaltung auch die Ölproduktion wegfallen und damit zusammenhängend die Verkaufserlöse. Die Erlöse aus der

Öl-Produktion übersteigen die Kosten für das Produktionswasser bei weitem und machen eine Abschaltung aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll und somit weiteren Analysen obsolet.

JAHR	Entfallene Erlöse	Ersparnisse	SUMME
2011	€ 2.799.853,63	€ 178.540,98	-€ 2.621.312,65
2012	€ 2.974.747,86	€ 178.616,43	-€ 2.796.131,43
2013	€ 1.030.174,98	€ 76.480,07	-€ 953.694,91

Tabelle 21: V-015C, V-030, V-033 - Erlöse

4.9.3 Wegfall der Injektoren SAT-018A & SAT-022

Aufgrund der relativ geringen Mengen, die in den Injektoren SAT-018A und SAT-022 verpumpt werden wurde die Möglichkeit in Betracht gezogen, diese Injektoren außer Betrieb zu nehmen und die entsprechenden Mengen an Formationswasser im System gleichmäßig zu verteilen. Dadurch würden entsprechende Leitungen, Stationen und Injektoren zusätzlich beansprucht und eventuelle Mehrkosten verursacht. Die Einsparungen aus dem Wegfall der Injektoren wurden den neu entstehenden Mehrkosten an anderen Stellen des Systems gegenübergestellt und das mögliche Szenario wurde für den Zeitraum (2011-07/2013) simuliert. Eine Kostenersparnis von 88.564,86 € (2011), 24.361,19€ (2012) und 11.299,96€ (07/2013) konnte dabei ermittelt werden. Die Abschaltung der Injektoren SAT-018A und SAT-022 wäre, im Hinblick auf das Thema Flutwasser, ökonomisch gesehen sinnvoll. Eine fortführende Betrachtung aus lagerstättentechnischer Sicht wäre in diesem Zusammenhang notwendig.

	Ausgangslage	Wegfall SAT-018/022	Einsparungspotential
2011	€ 1.423.744,79	€ 1.297.670,83	€ 126.073,96
2012	€ 1.781.397,79	€ 1.725.530,42	€ 55.867,37
07/2013	€ 877.466,80	€ 849.373,05	€ 28.093,75

Tabelle 22: Wegfall SAT-018/022

4.9.4 Einsparungspotential durch Verbesserung der Wasserqualität

Die Gesamtkosten (s. Abbildung 59) für den gesamten Betrachtungszeitraum zeigen eindeutig, dass die Kosten für die Injektoren dem größten Teil in allen drei Perioden einnehmen und somit den Hauptkostentreiber darstellen.

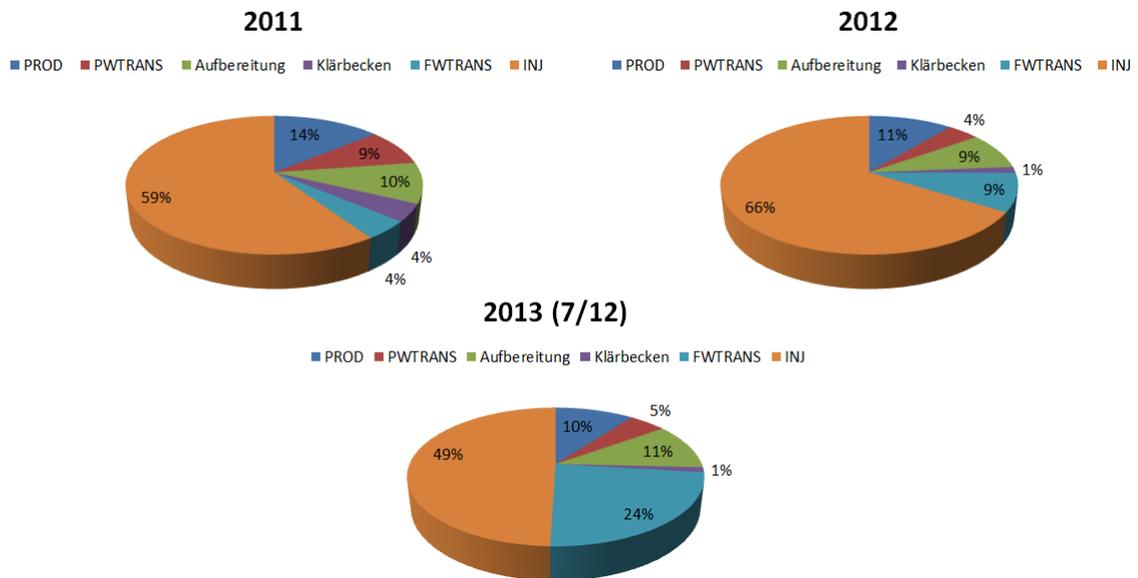


Abbildung 59: Gesamtkostenverteilung [€] (2011-2013)

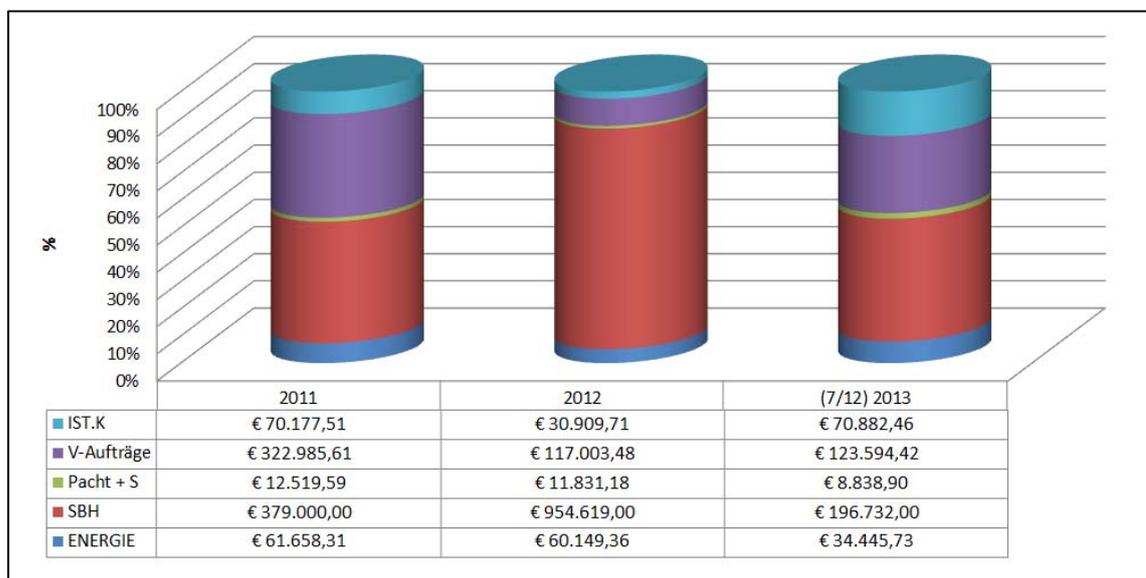


Abbildung 60: Kostenverteilung im Abschnitt Injektion

Bei genauer Analyse der Kosten im Bereich Injektion (s. Abbildung 60) wird deutlich, dass die Kosten für Sondenbehandlungen und V-Aufträge den Löwenanteil stellen und damit zusammenhängend hier auch das größte Potential zur Kostenreduktion steckt. Die Punkte Sondenbehandlungen (SBH) und V-Aufträge wurden zusammen mit den

RAG-Betreuern analysiert und auf Kosten untersucht, die auf eine mangelhafte oder schlechte Wasserqualität zurückzuführen sind. Dabei wurden vor allem durch Wasser entstandene Korrosionsschäden an den Injektoren und zusätzliche Investitionen in notwendige Stimulationen in den Formationen ermittelt. Frühere Studien haben gezeigt, dass vor allem die ins Klärbecken angelieferten Fluide die Wasserqualität drastisch verschlechtern. Eine verbesserte Wasserqualität würde hier zu einem Einsparungspotential von 131.936,46€ (2011), 73.183,41€ (2012), 97.989,74€ (07/2013) führen.

SBH	2011	2012	07/2013
GESAMT	€ 379.000,00	€ 954.619,00	€ 196.732,00
Ersparnispotential	€ 20.331,16	€ 26.800,00	€ 6.270,00

V-Aufträge	2011	2012	07/2013
GESAMT	322.985,61 €	117.003,48 €	123.594,42 €
Ersparnispotential	111.605,30 €	46.383,41 €	91.719,74 €

EINSPARUNGSPOTENTIAL (INJEKTION)			
	2011	2012	07/2013
V-Aufträge	€ 111.605,30	€ 46.383,41	€ 91.719,74
SBH	€ 20.331,16	€ 26.800,00	€ 6.270,00
SUMME	€ 131.936,46	€ 73.183,41	€ 97.989,74

Tabelle 23: Einsparungspotentiale durch Verbesserung der Wasserqualität

5 Empfehlungen

Die nachfolgenden Empfehlungen werden durch der Erkenntnisse, die aus dieser Arbeit gewonnen wurden, für das Unternehmen nachfolgend erörtert.

Aufgrund der vorhandenen SAP-Struktur des Unternehmens ist, wie aus dieser Arbeit klar ersichtlich, die Evaluierung der Kosten, die durch das angefallene Produktionswasser entstehen, nicht auf direktem Weg und daher nur sehr aufwändig und ausschließlich manuell durchführbar. Die vollständige Ermittlung und Zuordnung aller Kosten in diesem Zusammenhang bedarf der Fachkenntnis versierter Mitarbeiter, da eine entsprechende Filterung und Zuordnung der zur Verfügung stehenden Daten aufgrund der bestehenden Kostenstrukturen unumgänglich ist. Eine individuelle Anpassung des EDV-Systems (SAP) auf die Anforderungen, die das Produktionswassermanagement an das Unternehmen stellt, würde eine effizientere Kostenerfassung sowie Analyse ermöglichen. Eine derartige Anpassung könnte in Form einer Erweiterung des bestehenden SAP-Systems erfolgen.

Hinsichtlich der Optimierungspotentiale, die im Rahmen dieser Arbeit identifiziert und nachfolgend auf ihren Nutzen untersucht wurden, können folgende weitere Empfehlungen ausgesprochen werden.

Die Energieversorgung einiger Sonden und der Station SAT-SAT mit Fremdstrom, der von externen Quellen zugekauft wird, erweist sich als vergleichsweise teuer. Eine Anbindung an das RAG-eigene Stromnetz, das mit Energie aus Eigenproduktion im BHKW gespeist wird, würde eine signifikante Senkung der Betriebskosten um 12c/kWh zur Folge haben (s. Kapitel 4.9.1). Dieses mögliche Kostensenkungspotential wurde aufgrund der Werte für den Betrachtungszeitraum 2011-07/2013 ermittelt. Aufgrund von teilweise stark variierenden Strompreisen am freien Markt müssen Daten für zukünftige Berechnungen dem jeweils aktuellen Strompreis angepasst werden. Auch die Kosten für die Eigenproduktion der Energie im BHKW muss aufgrund von sich ändernden Gaspreisen stets neu berechnet werden und beziehen sich in dieser Arbeit ausschließlich auf den Betrachtungszeitraum 2011-07/2013. Notwendige Investitionskosten für eine entsprechende Anbindung an das RAG-Netz müssten in weiterer Folge eruiert werden. In diesem Zusammenhang wäre die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse sinnvoll.

Wie aus Kapitel 4.9.3 ersichtlich, wäre ein Wegfall der Injektorsonden SAT-018A und SAT-022 aus wirtschaftlicher Sicht vorteilhaft. Die Mengen an Produktionswasser, würden bei einem Wegfall der beiden Injektoren durch das verbleibende System kompensiert. Eine fortführende Betrachtung aus lagerstättentechnischer Sicht im Hinblick auf Flutwasser wäre hier notwendig.

Wie aus dem Kontext dieser Arbeit ersichtlich, stellen die Kosten für den Abschnitt Injektion im gesamten Betrachtungszeitraum den größten Anteil dar. Bei genauerer Betrachtung hat sich herausgestellt, dass Sondenbehandlungen (SBH) und Verrechnungs-Aufträge (V-Aufträge) innerhalb des Abschnitts Injektion die größten Kosten verursachen. Ein Großteil dieser Kosten kann auf eine mangelnde Wasserqualität zurückgeführt werden. In Kapitel 4.9.4 wurde ein mögliches Einsparungspotential von 131.936,46€ (2011), 73.183,41€ (2012) und 97.989,74€ (07/2013) ermittelt, das durch eine verbesserte Wasserqualität erzielt werden kann. Die, ins Klärbecken angelieferten, Fluide verschlechtern in diesem Zusammenhang die Wasserqualität besonders. Da diese Fluide in weiterer Folge in der Flutanlage Voitsdorf verpumpt werden, wäre eine vorgeschaltete Aufbereitung bzw. der gänzliche Wegfall dieser Fluide sinnvoll.

Zukünftige Investitionen, die eine Verbesserung der Wasserqualität zur Folge haben, können aus wirtschaftlicher Sicht und unter Berücksichtigung des gesamten Wassersystems als sinnvoll bewertet werden. Sowohl neue, als auch bereits existierende Konzepte können so näher evaluiert werden. Der Faktor Wasser und damit zusammenhängend die dadurch entstehenden Kosten sollten in der Planung und Projektierung neuer Sonden mitberücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

- Ahmed, Tarek H. (2010): Reservoir engineering handbook. 4th ed. Amsterdam, Boston: Gulf Professional Pub.
- Alotaibi, Mohammed; Al-Jabri, Saleh Mohammed: Future Challenges Due to the Increase Produced Water in Upstream of Oil and Gas Industry. In: SPE Kuwait Oil and Gas Show and Conference. Kuwait City, Kuwait, 2013-10-08.
- Al-Shamari, Abdul Razzaq; Kumar, G. Santosh; Gupta, Arnab; Al-Mithin, Abdul Wahab; Lenka, Basanta; Prakash, S. Surya: Choking of Oxygen Scavenger injection Quills. In: 2014/5/13. NACE: NACE International.
- Alvarado, V.; Manrique, E. (2010): Enhanced oil recovery. Field planning and development strategies. Burlington, MA: Gulf Professional Pub./Elsevier.
- Arnold, Ken; Stewart, Maurice (1998-c1999): Surface production operations. 2nd ed. Houston, Tex.: Gulf Pub. Co.
- Arnold, Richard; Burnett, David B.; Elphick, Jon; Feeley III, Thomas J; Galbrun, Michel; Hightower, Mike et al. (2004): Managing water—from waste to resource. In: Oilfield Review 16 (2), S. 26–41.
- Arthur, J. Daniel; Langhus, Bruce G.; Patel, Chirag (2005): Technical summary of oil & gas produced water treatment technologies.
- Babadagli, Tayfun (2007): Development of mature oil fields — A review. In: Journal of Petroleum Science and Engineering 57 (3-4), S. 221–246. DOI: 10.1016/j.petrol.2006.10.006.
- Bailey, Bill; Crabtree, Mike; Tyrie, Jeb; Elphick, Jon; Kuchuk, Fikri; Romano, Christian; Roodhart, Leo (2000): Water control. In: Oilfield Rev 12 (1), S. 30–51.
- Bauer, Jürgen (2012): Produktionscontrolling und -management mit SAP® ERP. Effizientes Controlling, Logistik- und Kostenmanagement moderner Produktionssysteme. 4., überarb. Aufl. 2012. Wiesbaden: Springer Vieweg (SpringerLink : Bücher).
- Bhagobaty, Ranjan Kumar (2014): Culture dependent methods for enumeration of sulphate reducing bacteria (SRB) in the Oil and Gas industry. In: Rev Environ Sci Biotechnol 13 (1), S. 11–16. DOI: 10.1007/s11157-014-9331-9.
- Brokemper, Andreas (1998): Strategieorientiertes Kostenmanagement. München: Vahlen (Controlling-Praxis).
- Buchholz, Liane (2013): Strategisches controlling. [Place of publication not identified]: Springer Gabler.
- Bueltemeier, Hagen; Alkan, Hakan; Amro, Moh'd: A New Modeling Approach to MEOR calibrated by Bacterial Growth and Metabolite Curves. In: SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia. Muscat, Oman, 2014-03-31.
- Clark, C.E; Veil, J.A (2009): Produced Water Volumes and Management Practices in the United States. Hg. v. U.S Department of Energy. Energy Technology Laboratory. Oak Ridge. Online verfügbar unter <http://www.osti.gov/bridge>.
- Coenenberg, Adolf G.; Cantner, Jochen (2003): Kostenrechnung und Kostenanalyse. 5., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Dal Ferro, B.; Smith, M. (2007): Global onshore and offshore water production. In: Oil & Gas Review OTC Edition.

- Dellmann, Klaus; Pedell, Karl Ludwig (1994): Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel (Berichte aus der Arbeit der Schmalenbach-Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft e. V).
- Devold, Håvard (2010): Oil and gas production handbook. An introduction to oil and gas production. Ed. 2.3. Oslo: ABB Oil and Gas.
- Dores, Raul; Hussain, Altaf; Katebah, Mary; Adham, Samer S.: Using Advanced Water Treatment Technologies To Treat Produced Water From The Petroleum Industry. In: , 2012/1/1. SPE: Society of Petroleum Engineers.
- Drewes, Jörg; Cath, Tzahi Y.; Xu, Pei (2009): An Integrated Framework for the Treatment and Management of Produced Water. Technical Assessment of Produced Water Treatment Technologies. Hg. v. RPSEA. Colorado School of Mines (RPSEA Project 07122-12). Online verfügbar unter <http://www.rpsea.org/0712212/>.
- Drewes, Jörg E.; Cath, Tzahi Y.; Xu, Pei; Graydon, Jim; Veil, John; Snyder, Seth (2011): An Integrated Framework for Treatment and Management of Produced Water. Technical Assessment of Produced Water Treatment Technologies. RPSEA (07122-12.FINAL).
- Drucker, Peter F.; Maciariello, Joseph A. (2008): Management. Rev. ed. New York, NY: Collins.
- Du, Y.; Guan, L.; Liang, H.: Advances of Produced Water Management. In: Canadian International Petroleum Conference. Calgary, Alberta, 2005-06-07.
- Dubay, Babita Angeli: Optimization of Emulsion Breaker Concentration. In: SPETT 2012 Energy Conference and Exhibition. Port-of-Spain, Trinidad, 2012-06-11.
- Eckstein, Peter P. (2012): Angewandte Statistik mit SPSS. Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. 7., überarb. Aufl. 2012. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Economides, Michael J.; Hill, A. D.; Ehlig-Economides, Christine (1994): Petroleum production systems. Englewood Cliffs, N.J.: PTR Prentice Hall.
- Eppinger, Christoph; Zeyer, Fedor (2012): Erfolgsfaktor Rechnungswesen. Wiesbaden: Springer Gabler (SpringerLink : Bücher).
- Ewert, Ralf (2008): Interne Unternehmensrechnung. [Online-Ausg. der] 7., überarb. [Buchaufl.]. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Fakhru'l-Razi, Ahmadun; Pendashteh, Alireza; Abdullah, Luqman Chuah; Biak, Dayang Radiah Awang; Madaeni, Sayed Siavash; Abidin, Zurina Zainal (2009): Review of technologies for oil and gas produced water treatment. In: J. Hazard. Mater. 170 (2-3), S. 530–551. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.05.044.
- Feldhusen, Jörg; Gebhardt, Boris (2008): Product Lifecycle Management für die Praxis. Ein Leitfaden zur modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Fennessey, Karl; Staudt, Wilfred; Dell, Jan: Water Management: Concept to Implementation. In: SPE International Conference on Health, Safety, and Environment. Long Beach, California, USA, 2014-03-17.
- Fischer, Jan O. (2008): Kostenbewusstes Konstruieren. Praxisbewährte Methoden und Informationssysteme für den Konstruktionsprozess. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Flores, Jose Gonzalo; Elphick, Jon J.; Lopez, Francisco; Espinel, Pablo: The Integrated Approach to Formation Water Management: From Reservoir Management to the Protection of the Environment. In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Denver, Colorado, USA, 2008-09-21.

- Franz, Klaus-Peter (2002): Kostenmanagement. Wertsteigerung durch systematische Kostensteuerung. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel (USW-Schriften für Führungskräfte, 33).
- Grüning, Thomas (2010): Prozesskostenrechnung und Kostentreiberanalysen. Darstellung, Anwendung und Gebrauch eines prozessorientierten Kostenrechnungskonzeptes. Hamburg: Diplomica-Verl.
- Halliburton (Hg.) (2014a): Mature Fields. Online verfügbar unter <http://www.halliburton.com/en-US/ps/solutions/mature-fields/about-mature-fields.page?node-id=hgjyd46m>, zuletzt geprüft am 24.11.2014.
- Halliburton (Hg.) (2014b): Oilfield Water Management. Online verfügbar unter <http://www.halliburton.com/en-US/ps/solutions/clean-energy/oilfield-water-management/default.page?node-id=hgjyd44q>, zuletzt geprüft am 02.12.2014.
- Hill, Freeman Lee; Monroe, Steve; Mohanan, Reshmy: Water Management-An Increasing Trend in the Oil and Gas Industry. In: SPE/EAGE European Unconventional Resources Conference and Exhibition. Vienna, Austria, 2012-03-20.
- Hirzel, Matthias (2008): Prozessmanagement in der Praxis. Wertschöpfungsketten planen, optimieren und erfolgreich steuern. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Hite, J. Roger; Shaw, David; Warren, John Michael: An Information Resource for Water-Management Solutions. In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. San Antonio, Texas, USA, 2006-09-24.
- Horner, Patrick; Anderson, Jeffrey A.; Thompson, Mark: Mobile Clarification for Re-Use of Unconventional Oil and Gas Produced Water to Reduce Costs and Minimize Environmental Footprint. In: Luis Baez, Ken Beeney und Steve Sonnenberg (Hg.): Unconventional Resources Technology Conference. Denver, Colorado, USA, 12 August to 14 August, S. 2098–2107.
- Horváth, Péter (1998): Controlling. 7., vollständig überarbeitete Auflage. München: Vahlen (Vahlers Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).
- Jackson, Scott Christopher; Alsop, Albert Walter; Fallon, Robert D.; Hendrickson, Edwin R.; Perry, Michael P.; Fisher, John: Field Implementation of DuPont. In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. San Antonio, Texas, USA, 2012-10-08.
- Jacob, Michael (2012): Informationsorientiertes Management. Ein Überblick für Studierende und Praktiker. Wiesbaden: Gabler Verlag (SpringerLink : Bücher).
- Janssen, Jürgen; Laatz, Wilfried (2007): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests. 6., neu bearbeitete und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Joos-Sachse, Thomas (2006): Controlling, Kostenrechnung und Kostenmanagement. Grundlagen -- Instrumente -- Neue Ansätze. 4., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden (SpringerLink : Bücher).
- Kajüter, Peter (2000): Proaktives Kostenmanagement. Konzeption und Realprofile. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. (Neue betriebswirtschaftliche Forschung, 266).
- Keasler, Victor; Bennett, Brian; Bromage, Ben; Franco, Robert J.; Lefevre, Don; Shafer, Jamie; Moninuola, Babatunde: Bacterial Characterization And Biocide Qualification For Full Wellstream Crude Oil Pipelines. In: 2010/1/1. NACE: NACE International.

- Khalilpour, R.: Produced Water Management: An Example of a Regulatory Gap. In: SPE Oilfield Water Management Conference and Exhibition. Kuwait City, Kuwait, 2014-04-21.
- Khatib, Zara: Produced Water Management in MENA Region: is it a Legacy or an Opportunity for IOR/EOR Field Development. In: International Petroleum Technology Conference. Dubai, U.A.E, 2007-12-04.
- Khatib, Zara; Verbeek, Paul: Water to Value - Produced Water Management for Sustainable Field Development of Mature and Green Fields. In: 2002/1/1. SPE: Society of Petroleum Engineers.
- Kletti, Jürgen (2007): Konzeption und Einführung von MES-Systemen. Zielorientierte Einführungsstrategie mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Fallbeispielen und Checklisten. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kuraimid, Zaidoun Khalaf: Treatment of Produced Water in North Rumela Oil Field for Re-Injection Application. In: 2013/10/8. SPE: Society of Petroleum Engineers.
- Lake, Larry W. (1989): Enhanced oil recovery. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Llano, Valentina; Henthorne, Lisa; Walsh, John: Water Management for EOR Applications - Sourcing, Treating, Reuse and Recycle. In: Offshore Technology Conference. Houston, Texas, USA, 2013-05-06.
- Ludwig, Ernest E. (1988): Applied project engineering and management. 2nd ed. Houston: Gulf Pub. Co.
- Mackau, D.; Elsweiler, B. (2002): Unternehmensinternes Benchmarking. Clusteranalyse gewährleistet Vergleichbarkeit verschiedener Standorte. In: Unternehmen der Zukunft.FIR+IAW-Zeitschrift für Organisation und Arbeit in Produktion und Dienstleistung 3 (1), S. 10–12. Online verfügbar unter <http://unileoben.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtlz0EUR1KMDZJNkpJMzNPSktLMTVOMDNKA3TJTtoKC5cUpyEmivsp-zUYS7WVSoaQhSAe8mxMCUmifKoO3mGuLsoVtekpkGuss8rbSoJL4AchxDflirryNoqQEQmo-JaL2IMvimg1eF5JeBdZCkSDApJiUZpacbJicbJJonAFnpqoqVFclJKCrCtkJxmBCQIGVSIMRoA-wM9Dw>.
- Madigan, Michael T.; Martinko, John M.; Brock, Thomas D. (2006): Brock Mikrobiologie. 11., überarb. Aufl. München [u.a.]: Pearson Studium (Bc Biologie, Chemie).
- Müller, David (2013): Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure. 2., wesentl. überarb. Aufl. 2013. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler (SpringerLink : Bücher).
- Mumm, Mirja (2008): Kosten- und Leistungsrechnung. Internes Rechnungswesen für Industrie- und Handelsbetriebe. Heidelberg, [Berlin, Heidelberg]: Physica-Verl.; [Springer] (Physica-Lehrbuch).
- NACE International (2001): Standard test method. Laboratory screening tests to determine the ability of scale inhibitors to prevent the precipitation of calcium sulfate and calcium carbonate from solution (for oil and gas production systems). Houston, Tex.: NACE International (NACE standard, TM0374-2001).
- Navarro, William: Produced Water Reinjection in Mature Field With High Water Cut. In: Latin American & Caribbean Petroleum Engineering Conference. Buenos Aires, Argentina, 2007-04-15.
- Neff, Jerry Michael; Hagemann, Randi Elisabet: Environmental Challenges of Heavy Crude Oils: Management of Liquid Wastes. In: E&P Environmental and Safety Conference. Galveston, Texas, U.S.A, 2007-03-05.

- Ochi, Jalel; Dexheimer, Dominique; Coppel, P. Vincent: Produced-Water-Reinjection Design and Uncertainties Assessment. In: SPE-165138-PA. DOI: 10.2118/165138-PA.
- Olson, Merle E.; Ceri, Howard; Morck, Douglas W.; Buret, Andre G.; Read, Ronald R. (2002): Biofilm bacteria: formation and comparative susceptibility to antibiotics. In: Can J Vet Res 66 (2), S. 86–92.
- Ondracek, Walter; Liebl, Werner: Mature Oil and Gas Fields: From Securing Resources to Maximising Reserves and Production a Case Report. In: EUROPEC/EAGE Conference and Exhibition. Amsterdam, The Netherlands, 2009-06-08.
- Plinke, Wulff; Rese, Mario (2002): Industrielle Kostenrechnung. Eine Einführung. 6. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer (Engineering online library).
- Plötner, Olaf; Sieben, Barbara; Kummer, Tyge-F (2008): Kosten- und Erlösrechnung. Anschaulich, kompakt, praxisnah. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Porter, Michael E. (2010): Wettbewerbsvorteile (Competitive advantage). Spitzenleistungen erreichen und behaupten. 7. Aufl. Frankfurt: Campus (Strategie).
- Preissner, Andreas (1999): Praxiswissen Controlling. Grundlagen - Werkzeuge - Anwendungen. 1. Aufl. München, Wien: Hanser.
- Reedy, Mark A.; Ershaghi, Iraj: Reducing Electric Pumping Consumption in Mature Fields: Case Studies. In: 2006/1/1. SPE: Society of Petroleum Engineers.
- Reis, John C. (1996): Environmental control in petroleum engineering. Houston, Tex.: Gulf Publ.
- Rückheim, J.; Voigtlaender, Gernot; Stein-Khokhlov, Maxim: The Technical and Economic Challenge of "Mature Gas Fields": The Giant Altmark Field, a German Example. In: SPE Europec/EAGE Annual Conference. Madrid, Spain, 2005-06-13.
- Scholz, Hans-Gunther (2001): Kosten-Management. München [u.a.]: Hanser (Reihe Management-Praxis).
- Seba, Richard D. (1998): Economics of worldwide petroleum production. Rev. and updated. Tulsa, Okla.: OGCI Publications.
- Seicht, Gerhard (1984): Moderne Kosten- und Leistungsrechnung. Grundlagen u. prakt. Gestaltung. 4., verb. u. wesentl. erw. Aufl. Wien: Industrieverlag Linde (Schriftenreihe der österreichischen Steuer- und Wirtschaftskartei, Nr. 37).
- Souza, A.L.S.; Figueiredo, M. W.; Kuchpil, C.; Bezerra, M. C.; Siqueira, A. G.; Furtado, C. A.: Water Management In Petrobras: Developments And Challenges. In: Offshore Technology Conference. Houston, Texas, 2005-05-02.
- SPE White Paper (2011): Challenges in Reusing Produced Water. Hg. v. Society of Petroleum Engineers. Online verfügbar unter <http://www.spe.org/tech/2011/10/challenges-in-reusing-produced-water/>, zuletzt geprüft am 21.10.2014.
- Spoering, A. L.; Lewis, K. (2001): Biofilms and planktonic cells of Pseudomonas aeruginosa have similar resistance to killing by antimicrobials. In: Journal of bacteriology 183 (23), S. 6746–6751. DOI: 10.1128/JB.183.23.6746-6751.2001.
- Stanley, Galen; Taylor, Keith; Dzierwa, Ron; Jungowski, Krystyna: Power Optimization In Liquid Pipelines. In: 2007/1/1. PSIG: Pipeline Simulation Interest Group.
- Theodoridou, Vassiliki (2013): Activity Based Life Cycle Costing in Water Management of Oil and Gas Exploration and Production Projects. In: Hubert Biedermann, Stefan Vorbach und Wolfgang Posch (Hg.): Ressourceneffizienz. Konzepte, Anwendungen

- und Best-practice-Beispiele. 1. Aufl. München, Mering: Hampp (Sustainability management for industries, 5).
- Veil, J.A; Puder, M.G; Elcock, D.; Redweik, R. J., JR (2004): A White Paper Describing Produced Water from Production of Crude Oil, Natural Gas, and Coal Bed Methane. Hg. v. U.S Department of Energy. Energy Technology Laboratory. Online verfügbar unter <http://netl.doe.gov/research/energy-analysis/publications/details?pub=2061f020-2f50-4c65-b464-779f0e23a628>, zuletzt geprüft am 21.10.2014.
- Voznyuk, A. S.; Rykov, A. I.; Kotov, V. S.: Multi-Criteria Analysis and Optimization of Waterflood Systems in Brownfields. In: SPE Russian Oil and Gas Exploration & Production Technical Conference and Exhibition. Moscow, Russia, 2014-10-14.
- Wallace, E. D.; Zhou, J.; Matthews, C.; Hoffman, E.: WATER MANAGEMENT IN THE OIL PRODUCTION INDUSTRY. In:, 2000/1/1. WPC: World Petroleum Congress.
- Wang, P.; Aziz, Khalid; Litvak, M. L.: OPTIMIZATION OF PRODUCTION FROM MATURE FIELDS. In:, 2002/1/1. WPC: World Petroleum Congress.
- Wang, Qiliang 'luke'; Zhang, Zhang; Kan, Amy T.; Tomson, Mason B.: Kinetics and Inhibition of Ferrous Sulfide Nucleation and Precipitation. In: SPE International Oil-field Scale Conference and Exhibition. Aberdeen, Scotland, 2014-05-14.
- Willhite, G. Paul (1986): Waterflooding. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers (SPE textbook series, v. 3).
- Wöhe, Günter (2000): Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 20., neu-bearb. Aufl. München: Vahlen (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften).
- Wyness, Alistair; Buttini, Patrizia; Fennessey, Karl; Thorne, Kirsten; Romer, Ruth; Ruck, Philip: The IPIECA Water Management Framework. In: SPE International Conference on Health, Safety, and Environment. Long Beach, California, USA, 2014-03-17.
- Yates, Frank W. Jr. (2006): Industry and Water: Oil and Natural Gas Industry. Turning Lemons into Lemon Drops - Produced water treatment for the onshore oil and gas industry. NEW MEXICO WATER RESOURCES RESEARCH INSTITUTE, zuletzt geprüft am 21.10.2014.
- Zakirov, Iskander Sumbat; Shayhutdinov, Ildar; Svarovskaya, Maria Gennadievna; Gaviria, William; Schmidt, Sergei; Shakirova, Alfiya: Water Injection Patterns Optimization Approach on High-Viscous Oil in Russkoye Field. In: SPE Heavy Oil Conference Canada. Calgary, Alberta, Canada, 2012-06-12.
- Zell, Michael (2009): Kosten- und Performance Management in Fallstudien. 1. Aufl. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler.

Anhang

Wasseranalyse (2012)

Probe	Engenfeld	Voitsdorf VZ-Ausgang	Sierning 008 Z-Abscheider
Probenahmedatum	20.08.2012	20.08.2012	23.08.2012
LEP-Nr.	CHE20124637	CHE20124639	CHE20124714
Optik	Gelblich, leicht trüb	Gelblich, leicht trüb, H ₂ S-Geruch	Gelblich, leicht trüb, braune Schwebstoffe
pH-Wert	7,74	7,49	7,71
Dichte @ 20°C [g/cm ³]	1,001	1,009	1,014
Leitfähigkeit @ 20°C [µS/cm]	5620	20900	32600
Eindampfrückstand [mg/l]	3660	14933	23480
m-WertpH4.3 [mmol/l]	8,23	9,48	30,12
m-WertpH3.5 [mmol/l]	9,34	11,35	33,84
p-WertpH4.2 [mmol/l]	-	-	-
Gesamthärte [0dH]	3,4	63,7	9,0
Chlorid [mg/l]	1875	8192	11347
Bromid [mg/l]	11,9	47,5	67,3
Iodid [mg/l]	2,8	10,9	16,4
Sulfat [mg/l]	0,9	13,1	193
Hydrogencarbonat [mg/l] *)	502	579	1838
Lithium [mg/l]	0,35	1,6	1,8
Natrium [mg/l]	1399	4923	3861
Ammonium [mg/l]	6,0	13,8	20,0
Kalium [mg/l]	13,2	94,3	7136
Magnesium [mg/l]	3,8	34,4	29,7
Calcium [mg/l]	17,5	387	11,5
Strontium [mg/l]	0,76	17,9	6,8
Barium [mg/l]	0,17	3,9	1,5
Eisen gesamt [mg/l]	0,12	0,28	8,6
Mangan [mg/l]	0,03	0,32	0,25
Bor [mg/l]	3,5	8,7	5,6
Silizium [mg/l]	10,8	20,9	8,8
Zink [mg/l]	0,51	0,01	<0,01

*) Anmerkung: Hydrogencarbonat wurde aus dem m-Wert berechnet. Da Ölfeldwässer neben den Anionen der Kohlensäure auch andere schwache Anionen enthalten, die bei der Titration miterfasst werden (z.B. organische Anionen, Silikate, Sulfide, Borate, ...) ist der aus dem m-Wert berechnete Hydrogencarbonat -Gehalt meist zu hoch.

Aufstellung aller erhobenen Daten/Quellen – (2011-07/2013)

		Quelle	Kommentar
Produktion	ENERGIE	Messung	Stromverbrauchsmessungen (Eigenstrom), Buchhaltung (Zukauf)
	CHEMIE	Eigene Ermittlungen	Nur für Gasfelder; Mengen und Kosten von RAG-FBO Leitung
	V-Aufträge	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
PWT	Energie	Messung	Stromverbrauchsmessungen (Eigenstrom), Buchhaltung (Zukauf)
	Chemie	Buchhaltung	Mengenangaben von RAG-Betreuer
	V-Aufträge	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
	Molchungen	Eigene Ermittlungen	Personalkosten + Gerät
	LKW Transport	Buchhaltung	Kosten vertraglich mit Transportunternehmen Spitzbart GmbH & Mayr GmbH
Aufbereitung (ZV)	Energie	Messung	Stromverbrauchsmessungen (Eigenstrom), Buchhaltung (Zukauf)
	V-Aufträge	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
	IST.K	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
	Personal	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
	Chemie	Buchhaltung	Mengenangaben von RAG-Betreuer
Klärbecken (ZV)	Energie	Messung	Stromverbrauchsmessungen (Eigenstrom), Buchhaltung (Zukauf)
	V-Aufträge	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
	IST.K	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
FWT	Energie	Messung	Stromverbrauchsmessungen (Eigenstrom), Buchhaltung (Zukauf)
	LKW Transport	Buchhaltung	Kosten vertraglich mit Transportunternehmen Spitzbart GmbH & Mayr GmbH
	Molchungen	Eigene Ermittlungen	Personalkosten + Gerät
	Begehungen	Eigene Ermittlungen	Personalkosten
	Chemie	Buchhaltung	Mengenangaben von RAG-Betreuer
Injektion	ENERGIE	Messung	Stromverbrauchsmessungen (Eigenstrom), Buchhaltung (Zukauf)
	SBH	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
	Pacht + S	SAP	direkt zurechenbar
	V-Aufträge	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig
	IST	SAP	Filterung durch RAG-Betreuer notwendig

Detailbetrachtung aller Sonden (excl. AfA) mit Gesamtkosten von 5000€ und mehr – (2011-07/2013)

SONDE	JAHR	GESAMT [€]	GESAMT [€/m³]	MENGE [m³]	Menge ÖL [m³]	Verw. [%]
V-030_2012	2012	€ 446.976,73	€ 3,74	119.635,77	3.173,67	97,42%
V-030_2011	2011	€ 426.861,81	€ 3,50	122.109,75	3.005,01	97,60%
EN-005A_2012	2012	€ 384.408,33	€ 6,54	58.770,43	6.737,97	89,71%
V-015C_2012	2012	€ 279.420,80	€ 3,71	75.322,64	1.296,68	98,31%
EN-005A_2013	2013	€ 275.491,11	€ 8,31	33.163,93	2.985,43	91,74%
V-015C_2011	2011	€ 258.601,99	€ 3,47	74.601,85	1.498,02	98,03%
V-033_2012	2012	€ 228.621,76	€ 3,14	72.849,66	1.304,30	98,24%
V-033_2011	2011	€ 168.722,71	€ 2,30	73.247,31	1.259,17	98,31%
V-030_2013	2013	€ 149.395,25	€ 2,88	51.937,97	1.052,51	98,01%
V-015C_2013	2013	€ 121.549,10	€ 2,81	43.272,09	384,65	99,12%
V-033_2013	2013	€ 113.434,64	€ 2,65	42.866,99	732,92	98,32%
OB-001_2011	2011	€ 103.297,31	€ 5,84	17.680,44	764,43	95,86%
OB-001_2012	2012	€ 68.066,93	€ 5,47	12.438,08	704,03	94,64%
KE-001_2011	2011	€ 67.230,49	€ 13,63	4.931,34	589,77	89,32%
HIER-001_2012	2012	€ 60.436,81	€ 3,55	17.011,60	16.073,85	51,42%
SAT-006_2011	2011	€ 56.741,03	€ 6,67	8.512,25	835,83	91,06%
EN-005A_2011	2011	€ 56.296,95	€ 1,09	51.807,15	11.519,75	81,81%
KE-001_2012	2012	€ 56.288,46	€ 16,79	3.352,43	490,13	87,24%
SAT-006_2012	2012	€ 51.393,83	€ 5,91	8.701,41	667,69	92,87%
SAT-023_2012	2012	€ 45.394,94	€ 4,04	11.246,52	1.200,03	90,36%
HIER-004_2011	2011	€ 44.526,07	€ 3,31	13.457,75	7.195,17	65,16%
SAT-023_2011	2011	€ 42.842,94	€ 4,71	9.091,58	714,84	92,71%
HIER-001_2013	2013	€ 42.194,29	€ 2,65	15.895,33	12.234,66	56,51%
HIER-004_2012	2012	€ 41.865,24	€ 3,55	11.809,21	4.016,33	74,62%
HIER-001_2011	2011	€ 37.106,78	€ 3,32	11.179,70	14.325,04	43,83%
KE-001_2013	2013	€ 33.363,18	€ 15,35	2.173,84	272,20	88,87%
V-013A_2012	2012	€ 33.123,52	€ 4,33	7.642,88	2.392,12	76,16%
V-013A_2011	2011	€ 32.176,83	€ 4,40	7.315,27	2.363,30	75,58%
STHS-006B_2011	2011	€ 30.575,64	€ 5,25	5.826,52	758,03	88,49%
OB-001_2013	2013	€ 28.633,51	€ 4,96	5.769,21	299,48	95,07%
V-029_2011	2011	€ 26.884,34	€ 3,84	6.998,89	0,00	100,00%
SAT-006_2013	2013	€ 26.445,24	€ 5,40	4.899,93	350,88	93,32%
SAT-008_2011	2011	€ 25.365,40	€ 6,57	3.859,73	581,53	86,91%
SAT-008_2012	2012	€ 20.639,91	€ 6,38	3.236,32	456,89	87,63%
SAT-023_2013	2013	€ 18.794,87	€ 3,52	5.334,47	1.187,29	81,79%
V-013A_2013	2013	€ 18.359,57	€ 3,87	4.747,43	1.342,04	77,96%
HIER-004_2013	2013	€ 14.478,03	€ 2,65	5.463,90	1.929,83	73,90%
SAT-008_2013	2013	€ 12.912,95	€ 5,86	2.201,91	287,26	88,46%
V-011_2011	2011	€ 12.810,11	€ 3,83	3.346,37	323,33	91,19%
STHS-006B_2012	2012	€ 11.810,16	€ 4,57	2.583,35	416,59	86,11%
V-007_2011	2011	€ 11.608,36	€ 4,23	2.745,62	163,70	94,37%
BH-003_2011	2011	€ 11.255,08	€ 3,94	2.858,67	3.884,15	42,40%

V-007_2012	2012	€ 10.505,74	€ 4,21	2.492,91	145,18	94,50%
BH-003_2012	2012	€ 8.735,16	€ 4,41	1.981,12	2.976,83	39,96%
EB-006_2011	2011	€ 8.609,36	€ 4,11	2.096,51	640,79	76,59%
SAT-007_2011	2011	€ 8.578,76	€ 9,83	872,46	446,48	66,15%
EB-006_2012	2012	€ 7.490,00	€ 4,38	1.710,32	532,03	76,27%
SAT-007_2012	2012	€ 7.311,04	€ 9,36	781,31	480,41	61,92%
BH-010_2011	2011	€ 6.919,24	€ 3,69	1.874,12	2.488,14	42,96%
HIER-002A_2012	2012	€ 6.651,48	€ 4,17	1.596,65	5.642,44	22,06%
EN-006A_2012	2012	€ 6.024,04	€ 6,89	874,34	657,65	57,07%
BH-010_2012	2012	€ 5.714,59	€ 4,16	1.375,31	1.423,01	49,15%
SAT-010_1011	2011	€ 5.266,80	€ 5,52	954,76	283,33	77,12%

Detailbetrachtung aller Sonden (excl. AfA) mit Gesamtkosten von 5000€ und mehr – (2011-07/2013) – Kosten Abschnitt **Produktion**

SONDE	JAHR	Produktion [€]	Produktion [€/m³]	MENGE [m³]	Menge ÖL [m³]	Verw. [%]
V-030_2012	2012	22.969,60	0,19	119.635,77	3.173,67	97,42%
V-030_2011	2011	22.943,73	0,19	122.109,75	3.005,01	97,60%
V-033_2012	2012	20.234,62	0,28	72.849,66	1.304,30	98,24%
V-033_2011	2011	20.078,88	0,27	73.247,31	1.259,17	98,31%
KE-001_2011	2011	19.760,40	4,01	4.931,34	589,77	89,32%
KE-001_2012	2012	19.657,97	5,86	3.352,43	490,13	87,24%
OB-001_2011	2011	19.552,76	1,11	17.680,44	764,43	95,86%
OB-001_2012	2012	17.506,71	1,41	12.438,08	704,03	94,64%
SAT-006_2011	2011	16.422,20	1,93	8.512,25	835,83	91,06%
SAT-006_2012	2012	16.022,98	1,84	8.701,41	667,69	92,87%
KE-001_2013	2013	12.747,04	5,86	2.173,84	272,20	88,87%
V-015C_2012	2012	12.466,06	0,17	75.322,64	1.296,68	98,31%
V-030_2013	2013	11.835,87	0,23	51.937,97	1.052,51	98,01%
V-015C_2011	2011	11.831,88	0,16	74.601,85	1.498,02	98,03%
V-033_2013	2013	11.649,92	0,27	42.866,99	732,92	98,32%
SAT-006_2013	2013	9.022,83	1,84	4.899,93	350,88	93,32%
OB-001_2013	2013	8.120,22	1,41	5.769,21	299,48	95,07%
SAT-008_2012	2012	7.579,56	2,34	3.236,32	456,89	87,63%
SAT-008_2011	2011	7.180,82	1,86	3.859,73	581,53	86,91%
V-015C_2013	2013	6.941,59	0,16	43.272,09	384,65	99,12%
EN-005A_2012	2012	6.151,76	0,10	58.770,43	6.737,97	89,71%
EN-005A_2011	2011	5.587,74	0,11	51.807,15	11.519,75	81,81%
SAT-008_2013	2013	5.156,95	2,34	2.201,91	287,26	88,46%
V-013A_2011	2011	4.816,13	0,66	7.315,27	2.363,30	75,58%
V-013A_2012	2012	4.732,52	0,62	7.642,88	2.392,12	76,16%
SAT-007_2011	2011	4.424,33	5,07	872,46	446,48	66,15%
SAT-007_2012	2012	4.112,06	5,26	781,31	480,41	61,92%
V-029_2011	2011	3.733,21	0,53	6.998,89	0,00	100,00%
EN-005A_2013	2013	3.647,12	0,11	33.163,93	2.985,43	91,74%
STHS-006B_2011	2011	3.107,87	0,53	5.826,52	758,03	88,49%

V-013A_2013	2013	2.848,83	0,60	4.747,43	1.342,04	77,96%
BH-003_2011	2011	1.836,73	0,64	2.858,67	3.884,15	42,40%
V-011_2011	2011	1.784,96	0,53	3.346,37	323,33	91,19%
BH-003_2012	2012	1.725,50	0,87	1.981,12	2.976,83	39,96%
V-007_2011	2011	1.408,34	0,51	2.745,62	163,70	94,37%
STHS-006B_2012	2012	1.374,34	0,53	2.583,35	416,59	86,11%
V-007_2012	2012	1.318,60	0,53	2.492,91	145,18	94,50%
EB-006_2012	2012	1.136,69	0,66	1.710,32	532,03	76,27%
HIER-002A_2012	2012	992,71	0,62	1.596,65	5.642,44	22,06%
BH-010_2012	2012	848,43	0,62	1.375,31	1.423,01	49,15%
EB-006_2011	2011	767,96	0,37	2.096,51	640,79	76,59%
BH-010_2011	2011	744,67	0,40	1.874,12	2.488,14	42,96%
SAT-010_1011	2011	744,53	0,78	954,76	283,33	77,12%
EN-006A_2012	2012	396,65	0,45	874,34	657,65	57,07%
HIER-001_2012	2012	145,15	0,01	17.011,60	16.073,85	51,42%
HIER-001_2011	2011	126,25	0,01	11.179,70	14.325,04	43,83%
HIER-001_2013	2013	95,01	0,01	15.895,33	12.234,66	56,51%
HIER-004_2012	2012	11,64	0,00	11.809,21	4.016,33	74,62%
HIER-004_2011	2011	10,16	0,00	13.457,75	7.195,17	65,16%
SAT-023_2011	2011	9,20	0,00	9.091,58	714,84	92,71%
SAT-023_2012	2012	8,99	0,00	11.246,52	1.200,03	90,36%
HIER-004_2013	2013	6,72	0,00	5.463,90	1.929,83	73,90%
SAT-023_2013	2013	4,75	0,00	5.334,47	1.187,29	81,79%

Detailbetrachtung aller Sonden (excl. AfA) mit Gesamtkosten von 5000€ und mehr – (2011-07/2013) – Kosten Abschnitt **Produktionswassertransport**

SONDE	JAHR	PWT [€]	PWT [€/m³]	MENGE [m³]	Menge ÖL [m³]	Verw. [%]
KE-001_2011	2011	31.223,04	6,33	4.931,34	589,77	89,32%
KE-001_2012	2012	24.768,80	7,39	3.352,43	490,13	87,24%
OB-001_2011	2011	22.909,79	1,30	17.680,44	764,43	95,86%
KE-001_2013	2013	14.870,67	6,84	2.173,84	272,20	88,87%
V-013A_2011	2011	13.741,37	1,88	7.315,27	2.363,30	75,58%
V-033_2011	2011	12.274,47	0,17	73.247,31	1.259,17	98,31%
SAT-023_2011	2011	11.551,49	1,27	9.091,58	714,84	92,71%
SAT-006_2011	2011	11.029,92	1,30	8.512,25	835,83	91,06%
OB-001_2012	2012	10.370,33	0,83	12.438,08	704,03	94,64%
SAT-023_2012	2012	9.046,21	0,80	11.246,52	1.200,03	90,36%
STHS-006B_2011	2011	7.419,91	1,27	5.826,52	758,03	88,49%
SAT-006_2012	2012	7.254,86	0,83	8.701,41	667,69	92,87%
V-013A_2012	2012	7.088,34	0,93	7.642,88	2.392,12	76,16%
V-033_2012	2012	5.336,36	0,07	72.849,66	1.304,30	98,24%
V-007_2011	2011	5.088,32	1,85	2.745,62	163,70	94,37%
SAT-008_2011	2011	4.904,05	1,27	3.859,73	581,53	86,91%
OB-001_2013	2013	4.779,49	0,83	5.769,21	299,48	95,07%

V-013A_2013	2013	4.612,63	0,97	4.747,43	1.342,04	77,96%
SAT-023_2013	2013	4.241,96	0,80	5.334,47	1.187,29	81,79%
SAT-006_2013	2013	4.059,33	0,83	4.899,93	350,88	93,32%
EB-006_2011	2011	3.938,19	1,88	2.096,51	640,79	76,59%
V-033_2013	2013	3.380,04	0,08	42.866,99	732,92	98,32%
SAT-008_2012	2012	2.603,16	0,80	3.236,32	456,89	87,63%
V-007_2012	2012	2.238,75	0,90	2.492,91	145,18	94,50%
STHS- 006B_2012	2012	2.088,49	0,81	2.583,35	416,59	86,11%
SAT-008_2013	2013	1.750,95	0,80	2.201,91	287,26	88,46%
V-030_2011	2011	1.608,60	0,01	122.109,75	3.005,01	97,60%
EB-006_2012	2012	1.586,22	0,93	1.710,32	532,03	76,27%
SAT-010_1011	2011	1.237,15	1,30	954,76	283,33	77,12%
SAT-007_2011	2011	1.152,49	1,32	872,46	446,48	66,15%
V-015C_2011	2011	982,76	0,01	74.601,85	1.498,02	98,03%
V-030_2012	2012	707,35	0,01	119.635,77	3.173,67	97,42%
SAT-007_2012	2012	674,40	0,86	781,31	480,41	61,92%
V-015C_2012	2012	445,35	0,01	75.322,64	1.296,68	98,31%
V-030_2013	2013	287,02	0,01	51.937,97	1.052,51	98,01%
V-015C_2013	2013	239,13	0,01	43.272,09	384,65	99,12%
HIER-004_2011	2011	177,28	0,01	13.457,75	7.195,17	65,16%
HIER-001_2011	2011	147,27	0,01	11.179,70	14.325,04	43,83%
HIER-001_2012	2012	100,58	0,01	17.011,60	16.073,85	51,42%
V-029_2011	2011	92,20	0,01	6.998,89	0,00	100,00%
HIER-001_2013	2013	87,84	0,01	15.895,33	12.234,66	56,51%
HIER-004_2012	2012	69,82	0,01	11.809,21	4.016,33	74,62%
HIER-004_2013	2013	30,19	0,01	5.463,90	1.929,83	73,90%
HIER- 002A_2012	2012	9,44	0,01	1.596,65	5.642,44	22,06%
BH-003_2011	2011	0,00	0,00	2.858,67	3.884,15	42,40%
V-011_2011	2011	0,00	0,00	3.346,37	323,33	91,19%
BH-003_2012	2012	0,00	0,00	1.981,12	2.976,83	39,96%
BH-010_2012	2012	0,00	0,00	1.375,31	1.423,01	49,15%
BH-010_2011	2011	0,00	0,00	1.874,12	2.488,14	42,96%
EN-005A_2012	2012			58.770,43	6.737,97	89,71%
EN-005A_2011	2011			51.807,15	11.519,75	81,81%
EN-005A_2013	2013			33.163,93	2.985,43	91,74%
EN-006A_2012	2012			874,34	657,65	57,07%

Detailbetrachtung aller Sonden (excl. AfA) mit Gesamtkosten von 5000€ und mehr – (2011-07/2013) – Kosten Abschnitt **Aufbereitung ZV**

SONDE	JAHR	ZV [€]	ZV [€/m³]	MENGE [m³]	Menge Öl [m³]	Verw. [%]
V-030_2012	2012	57.183,52	0,48	119.635,77	3.173,67	97,42%
V-030_2011	2011	53.570,08	0,44	122.109,75	3.005,01	97,60%
V-015C_2012	2012	36.002,73	0,48	75.322,64	1.296,68	98,31%
V-015C_2011	2011	32.728,16	0,44	74.601,85	1.498,02	98,03%
V-030_2013	2013	27.805,99	0,54	51.937,97	1.052,51	98,01%
V-015C_2013	2013	23.166,55	0,54	43.272,09	384,65	99,12%
V-033_2012	2012	16.191,70	0,22	72.849,66	1.304,30	98,24%
V-033_2013	2013	15.370,06	0,36	42.866,99	732,92	98,32%
V-033_2011	2011	14.209,93	0,19	73.247,31	1.259,17	98,31%
HIER-001_2013	2013	8.509,87	0,54	15.895,33	12.234,66	56,51%
HIER-001_2012	2012	8.131,21	0,48	17.011,60	16.073,85	51,42%
HIER-004_2011	2011	5.903,97	0,44	13.457,75	7.195,17	65,16%
HIER-004_2012	2012	5.644,57	0,48	11.809,21	4.016,33	74,62%
HIER-001_2011	2011	4.904,58	0,44	11.179,70	14.325,04	43,83%
V-029_2011	2011	3.070,44	0,44	6.998,89	0,00	100,00%
HIER-004_2013	2013	2.925,20	0,54	5.463,90	1.929,83	73,90%
OB-001_2012	2012	2.559,91	0,21	12.438,08	704,03	94,64%
OB-001_2011	2011	2.383,99	0,13	17.680,44	764,43	95,86%
SAT-023_2012	2012	2.314,67	0,21	11.246,52	1.200,03	90,36%
KE-001_2011	2011	2.163,40	0,44	4.931,34	589,77	89,32%
OB-001_2013	2013	1.817,38	0,32	5.769,21	299,48	95,07%
SAT-006_2012	2012	1.790,86	0,21	8.701,41	667,69	92,87%
V-013A_2013	2013	1.702,20	0,36	4.747,43	1.342,04	77,96%
V-013A_2012	2012	1.698,72	0,22	7.642,88	2.392,12	76,16%
SAT-023_2013	2013	1.680,43	0,32	5.334,47	1.187,29	81,79%
KE-001_2012	2012	1.602,39	0,48	3.352,43	490,13	87,24%
SAT-006_2013	2013	1.543,54	0,32	4.899,93	350,88	93,32%
V-011_2011	2011	1.468,07	0,44	3.346,37	323,33	91,19%
V-013A_2011	2011	1.419,16	0,19	7.315,27	2.363,30	75,58%
BH-003_2011	2011	1.254,11	0,44	2.858,67	3.884,15	42,40%
SAT-023_2011	2011	1.225,89	0,13	9.091,58	714,84	92,71%
KE-001_2013	2013	1.163,81	0,54	2.173,84	272,20	88,87%
SAT-006_2011	2011	1.147,77	0,13	8.512,25	835,83	91,06%
BH-003_2012	2012	946,93	0,48	1.981,12	2.976,83	39,96%
BH-010_2011	2011	822,18	0,44	1.874,12	2.488,14	42,96%
STHS-006B_2011	2011	785,63	0,13	5.826,52	758,03	88,49%
HIER-002A_2012	2012	763,17	0,48	1.596,65	5.642,44	22,06%
SAT-008_2013	2013	693,63	0,32	2.201,91	287,26	88,46%
SAT-008_2012	2012	666,08	0,21	3.236,32	456,89	87,63%
BH-010_2012	2012	657,37	0,48	1.375,31	1.423,01	49,15%
V-007_2012	2012	554,08	0,22	2.492,91	145,18	94,50%
V-007_2011	2011	532,65	0,19	2.745,62	163,70	94,37%

STHS-006B_2012	2012	531,69	0,21	2.583,35	416,59	86,11%
SAT-008_2011	2011	520,44	0,13	3.859,73	581,53	86,91%
EB-006_2011	2011	406,72	0,19	2.096,51	640,79	76,59%
EB-006_2012	2012	380,14	0,22	1.710,32	532,03	76,27%
SAT-007_2012	2012	160,80	0,21	781,31	480,41	61,92%
SAT-010_1011	2011	128,74	0,13	954,76	283,33	77,12%
SAT-007_2011	2011	117,64	0,13	872,46	446,48	66,15%
EN-005A_2012	2012			58.770,43	6.737,97	89,71%
EN-005A_2011	2011			51.807,15	11.519,75	81,81%
EN-005A_2013	2013			33.163,93	2.985,43	91,74%
EN-006A_2012	2012			874,34	657,65	57,07%

Detailbetrachtung aller Sonden (excl. AfA) mit Gesamtkosten von 5000€ und mehr – (2011-07/2013) – Kosten Abschnitt **Flutwassertransport**

SONDE	JAHR	FWT [€]	FWT [€/m³]	MENGE [m³]	Menge Öl [m³]	Verw. [%]
EN-005A_2013	2013	153.541,19	4,63	33.163,93	2.985,43	91,74%
EN-005A_2012	2012	88.066,87	1,50	58.770,43	6.737,97	89,71%
V-030_2011	2011	73.265,85	0,60	122.109,75	3.005,01	97,60%
V-030_2012	2012	71.781,46	0,60	119.635,77	3.173,67	97,42%
V-015C_2012	2012	71.781,46	0,60	75.322,64	1.296,68	98,31%
V-015C_2011	2011	44.761,11	0,60	74.601,85	1.498,02	98,03%
V-033_2012	2012	32.949,83	0,45	72.849,66	1.304,30	98,24%
V-033_2011	2011	32.523,73	0,44	73.247,31	1.259,17	98,31%
V-030_2013	2013	31.162,78	0,60	51.937,97	1.052,51	98,01%
V-015C_2013	2013	25.963,25	0,60	43.272,09	384,65	99,12%
V-033_2013	2013	24.903,31	0,58	42.866,99	732,92	98,32%
OB-001_2011	2011	13.196,94	0,75	17.680,44	764,43	95,86%
OB-001_2012	2012	11.488,71	0,92	12.438,08	704,03	94,64%
SAT-023_2012	2012	10.388,10	0,92	11.246,52	1.200,03	90,36%
HIER-001_2012	2012	10.206,96	0,60	17.011,60	16.073,85	51,42%
HIER-001_2013	2013	9.537,20	0,60	15.895,33	12.234,66	56,51%
HIER-004_2011	2011	8.074,65	0,60	13.457,75	7.195,17	65,16%
SAT-006_2012	2012	8.037,26	0,92	8.701,41	667,69	92,87%
HIER-004_2012	2012	7.085,52	0,60	11.809,21	4.016,33	74,62%
SAT-023_2011	2011	6.786,09	0,75	9.091,58	714,84	92,71%
HIER-001_2011	2011	6.707,82	0,60	11.179,70	14.325,04	43,83%
OB-001_2013	2013	6.380,34	1,11	5.769,21	299,48	95,07%
SAT-006_2011	2011	6.353,67	0,75	8.512,25	835,83	91,06%
SAT-023_2013	2013	5.899,55	1,11	5.334,47	1.187,29	81,79%
SAT-006_2013	2013	5.418,97	1,11	4.899,93	350,88	93,32%
STHS-006B_2011	2011	4.349,00	0,75	5.826,52	758,03	88,49%
V-029_2011	2011	4.199,33	0,60	6.998,89	0,00	100,00%
V-013A_2012	2012	3.456,87	0,45	7.642,88	2.392,12	76,16%
HIER-004_2013	2013	3.278,34	0,60	5.463,90	1.929,83	73,90%

V-013A_2011	2011	3.248,17	0,44	7.315,27	2.363,30	75,58%
SAT-008_2012	2012	2.989,30	0,92	3.236,32	456,89	87,63%
KE-001_2011	2011	2.958,80	0,60	4.931,34	589,77	89,32%
SAT-008_2011	2011	2.880,96	0,75	3.859,73	581,53	86,91%
V-013A_2013	2013	2.757,99	0,58	4.747,43	1.342,04	77,96%
SAT-008_2013	2013	2.435,16	1,11	2.201,91	287,26	88,46%
STHS- 006B_2012	2012	2.386,17	0,92	2.583,35	416,59	86,11%
KE-001_2012	2012	2.011,46	0,60	3.352,43	490,13	87,24%
V-011_2011	2011	2.007,82	0,60	3.346,37	323,33	91,19%
BH-003_2011	2011	1.715,20	0,60	2.858,67	3.884,15	42,40%
EN-006A_2012	2012	1.310,19	1,50	874,34	657,65	57,07%
KE-001_2013	2013	1.304,30	0,60	2.173,84	272,20	88,87%
V-007_2011	2011	1.219,13	0,44	2.745,62	163,70	94,37%
BH-003_2012	2012	1.188,67	0,60	1.981,12	2.976,83	39,96%
V-007_2012	2012	1.127,54	0,45	2.492,91	145,18	94,50%
BH-010_2011	2011	1.124,47	0,60	1.874,12	2.488,14	42,96%
HIER- 002A_2012	2012	957,99	0,60	1.596,65	5.642,44	22,06%
EB-006_2011	2011	930,91	0,44	2.096,51	640,79	76,59%
BH-010_2012	2012	825,18	0,60	1.375,31	1.423,01	49,15%
EB-006_2012	2012	773,57	0,45	1.710,32	532,03	76,27%
SAT-007_2012	2012	721,68	0,92	781,31	480,41	61,92%
SAT-010_1011	2011	712,64	0,75	954,76	283,33	77,12%
SAT-007_2011	2011	651,21	0,75	872,46	446,48	66,15%
EN-005A_2011	2011	0,00	0,00	51.807,15	11.519,75	81,81%

Detailbetrachtung aller Sonden (excl. AfA) mit Gesamtkosten von 5000€ und mehr – (2011-07/2013) – Kosten Abschnitt **Injektion**

SONDE	JAHR	Injektion [€]	Injektion [€/m³]	MENGE [m³]	Menge ÖL [m³]	Verw. [%]
V-030_2012	2012	294.334,80	2,46	119.635,77	3.173,67	97,42%
EN-005A_2012	2012	290.189,70	4,94	58.770,43	6.737,97	89,71%
V-030_2011	2011	275.473,54	2,26	122.109,75	3.005,01	97,60%
V-015C_2012	2012	185.313,09	2,46	75.322,64	1.296,68	98,31%
V-015C_2011	2011	168.298,08	2,26	74.601,85	1.498,02	98,03%
V-033_2012	2012	153.909,25	2,11	72.849,66	1.304,30	98,24%
EN-005A_2013	2013	118.302,81	3,57	33.163,93	2.985,43	91,74%
V-033_2011	2011	89.635,70	1,22	73.247,31	1.259,17	98,31%
V-030_2013	2013	78.303,58	1,51	51.937,97	1.052,51	98,01%
V-015C_2013	2013	65.238,58	1,51	43.272,09	384,65	99,12%
V-033_2013	2013	58.131,31	1,36	42.866,99	732,92	98,32%
EN-005A_2011	2011	50.709,21	0,98	51.807,15	11.519,75	81,81%
OB-001_2011	2011	45.253,84	2,56	17.680,44	764,43	95,86%
HIER-001_2012	2012	41.852,91	2,46	17.011,60	16.073,85	51,42%
HIER-004_2011	2011	30.360,01	2,26	13.457,75	7.195,17	65,16%
HIER-004_2012	2012	29.053,69	2,46	11.809,21	4.016,33	74,62%

OB-001_2012	2012	26.141,28	2,10	12.438,08	704,03	94,64%
HIER-001_2011	2011	25.220,85	2,26	11.179,70	14.325,04	43,83%
HIER-001_2013	2013	23.964,37	1,51	15.895,33	12.234,66	56,51%
SAT-023_2012	2012	23.636,96	2,10	11.246,52	1.200,03	90,36%
SAT-023_2011	2011	23.270,28	2,56	9.091,58	714,84	92,71%
SAT-006_2011	2011	21.787,46	2,56	8.512,25	835,83	91,06%
SAT-006_2012	2012	18.287,88	2,10	8.701,41	667,69	92,87%
V-013A_2012	2012	16.147,08	2,11	7.642,88	2.392,12	76,16%
V-029_2011	2011	15.789,15	2,26	6.998,89	0,00	100,00%
STHS- 006B_2011	2011	14.913,23	2,56	5.826,52	758,03	88,49%
KE-001_2011	2011	11.124,85	2,26	4.931,34	589,77	89,32%
SAT-008_2011	2011	9.879,14	2,56	3.859,73	581,53	86,91%
V-013A_2011	2011	8.952,00	1,22	7.315,27	2.363,30	75,58%
KE-001_2012	2012	8.247,84	2,46	3.352,43	490,13	87,24%
HIER-004_2013	2013	8.237,57	1,51	5.463,90	1.929,83	73,90%
V-011_2011	2011	7.549,25	2,26	3.346,37	323,33	91,19%
OB-001_2013	2013	7.536,08	1,31	5.769,21	299,48	95,07%
SAT-023_2013	2013	6.968,19	1,31	5.334,47	1.187,29	81,79%
SAT-008_2012	2012	6.801,82	2,10	3.236,32	456,89	87,63%
BH-003_2011	2011	6.449,03	2,26	2.858,67	3.884,15	42,40%
V-013A_2013	2013	6.437,92	1,36	4.747,43	1.342,04	77,96%
SAT-006_2013	2013	6.400,56	1,31	4.899,93	350,88	93,32%
STHS- 006B_2012	2012	5.429,47	2,10	2.583,35	416,59	86,11%
V-007_2012	2012	5.266,77	2,11	2.492,91	145,18	94,50%
BH-003_2012	2012	4.874,06	2,46	1.981,12	2.976,83	39,96%
EN-006A_2012	2012	4.317,21	4,94	874,34	657,65	57,07%
BH-010_2011	2011	4.227,92	2,26	1.874,12	2.488,14	42,96%
HIER- 002A_2012	2012	3.928,18	2,46	1.596,65	5.642,44	22,06%
EB-006_2012	2012	3.613,38	2,11	1.710,32	532,03	76,27%
BH-010_2012	2012	3.383,61	2,46	1.375,31	1.423,01	49,15%
V-007_2011	2011	3.359,93	1,22	2.745,62	163,70	94,37%
KE-001_2013	2013	3.277,36	1,51	2.173,84	272,20	88,87%
SAT-008_2013	2013	2.876,26	1,31	2.201,91	287,26	88,46%
EB-006_2011	2011	2.565,59	1,22	2.096,51	640,79	76,59%
SAT-010_1011	2011	2.443,74	2,56	954,76	283,33	77,12%
SAT-007_2011	2011	2.233,09	2,56	872,46	446,48	66,15%
SAT-007_2012	2012	1.642,10	2,10	781,31	480,41	61,92%

Detailbetrachtung aller Sonden (incl. & excl. AfA)

	[incl. AfA]			[excl. AfA]		
	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
BH-002						
GESAMT [€]	€ 1.223,75	€ 1.351,64	€ 906,92	€ 611,87	€ 697,51	€ 406,64
GESAMT [€/m³]	€ 8,58	€ 8,47	€ 7,59	€ 4,29	€ 4,37	€ 3,40
MENGE WASSER [m³]	142,65	159,62	119,55	142,65	159,62	119,55
Menge ÖL [m³]	803,06	933,24	394,82	803,06	933,24	394,82
Verw. [%]	15,08%	14,61%	23,24%	15,08%	14,61%	23,24%
Produktion [€]	141,89	132,75	90,67	141,89	132,75	90,67
Produktion [€/m³]	0,99	0,83	0,76	0,99	0,83	0,76
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	229,03	235,66	185,92	62,58	76,29	64
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	85,59	95,77	71,73	85,59	95,77	71,73
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	767,24	887,46	558,60	321,81	392,7	180,24
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51
BH-003						
GESAMT [€]	€ 23.517,02	€ 16.853,84	€ 7.728,74	€ 11.255,08	€ 8.735,16	€ 3.675,67
GESAMT [€/m³]	€ 8,23	€ 8,51	€ 7,98	€ 3,94	€ 4,41	€ 3,80
MENGE WASSER [m³]	2.858,67	1.981,12	968,54	2.858,67	1.981,12	968,54
Menge ÖL [m³]	3.884,15	2.976,83	1.225,08	3.884,15	2.976,83	1.225,08
Verw. [%]	42,40%	39,96%	44,15%	42,40%	39,96%	44,15%
Produktion [€]	1.836,73	1.725,50	1.115,83	1.836,73	1.725,50	1.115,83
Produktion [€/m³]	0,64	0,87	1,15	0,64	0,87	1,15
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	4.589,72	2.924,90	1.506,21	1.254,11	946,93	518,52
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	1.715,20	1.188,67	581,12	1.715,20	1.188,67	581,12
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	15.375,36	11.014,77	4.525,58	6.449,03	4.874,06	1.460,20
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51
BH-004						
GESAMT [€]	€ 293,43	€ 1.445,90	€ 128,34	€ 138,32	€ 727,05	€ 54,10
GESAMT [€/m³]	€ 8,11	€ 8,24	€ 7,23	€ 3,82	€ 4,14	€ 3,05
MENGE WASSER [m³]	36,16	175,41	17,74	36,16	175,41	17,74
Menge ÖL [m³]	10.101,93	9.111,07	8.048,63	10.101,93	9.111,07	8.048,63
Verw. [%]	0,36%	1,89%	0,22%	0,36%	1,89%	0,22%
Produktion [€]	19,18	106,40	7,22	19,18	106,4	7,22
Produktion [€/m³]	0,53	0,61	0,41	0,53	0,61	0,41
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	58,06	258,98	27,59	15,86	83,84	9,5
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	21,70	105,25	10,64	21,7	105,25	10,64
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	194,50	975,28	82,89	81,58	431,56	26,74
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

BH-006	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 430,78	€ 880,58	€ 122,83	€ 203,09	€ 440,96	€ 54,52
GESAMT [€/m³]	€ 8,12	€ 8,21	€ 7,52	€ 3,83	€ 4,11	€ 3,34
MENGE WASSER [m³]	53,08	107,28	16,32	53,08	107,28	16,32
Menge ÖL [m³]	5.812,17	5.728,82	2.730,93	5.812,17	5.728,82	2.730,93
Verw. [%]	0,91%	1,84%	0,59%	0,91%	1,84%	0,59%
Produktion [€]	28,21	61,39	11,38	28,21	61,39	11,38
Produktion [€/m³]	0,53	0,57	0,70	0,53	0,57	0,7
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	85,23	158,38	25,38	23,29	51,28	8,74
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	31,85	64,37	9,79	31,85	64,37	9,79
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	285,50	596,44	76,27	119,75	263,93	24,61
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

BH-007	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 38,41	€ 96,98	€ 138,42	€ 19,02	€ 51,51	€ 62,44
GESAMT [€/m³]	€ 8,50	€ 8,74	€ 7,62	€ 4,21	€ 4,64	€ 3,44
MENGE WASSER [m³]	4,52	11,10	18,16	4,52	11,1	18,16
Menge ÖL [m³]	381,67	509,79	56,85	381,67	509,79	56,85
Verw. [%]	1,17%	2,13%	24,21%	1,17%	2,13%	24,21%
Produktion [€]	4,12	12,25	14,46	4,12	12,25	14,46
Produktion [€/m³]	0,91	1,10	0,80	0,91	1,1	0,8
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	7,26	16,38	28,23	1,98	5,3	9,72
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	2,71	6,66	10,89	2,71	6,66	10,89
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	24,32	61,69	84,83	10,2	27,3	27,37
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

BH-009	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 32,37	€ 62,04	€ 32,48	€ 15,92	€ 32,75	€ 15,58
GESAMT [€/m³]	€ 8,44	€ 8,68	€ 8,04	€ 4,15	€ 4,58	€ 3,86
MENGE WASSER [m³]	3,84	7,15	4,04	3,84	7,15	4,04
Menge ÖL [m³]	903,36	739,93	392,83	903,36	739,93	392,83
Verw. [%]	0,42%	0,96%	1,02%	0,42%	0,96%	1,02%
Produktion [€]	3,27	7,45	4,91	3,27	7,45	4,91
Produktion [€/m³]	0,85	1,04	1,22	0,85	1,04	1,22
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	6,16	10,55	6,28	1,68	3,42	2,16
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	2,30	4,29	2,42	2,3	4,29	2,42
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	20,64	39,75	18,87	8,66	17,59	6,09
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

BH-010	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 14.958,06	€ 11.350,63	€ 7.981,87	€ 6.919,24	€ 5.714,59	€ 3.411,66
GESAMT [€/m³]	€ 7,98	€ 8,25	€ 7,31	€ 3,69	€ 4,16	€ 3,12
MENGE WASSER [m³]	1.874,12	1.375,31	1.092,11	1.874,12	1.375,31	1.092,11
Menge ÖL [m³]	2.488,14	1.423,01	1.003,33	2.488,14	1.423,01	1.003,33
Verw. [%]	42,96%	49,15%	52,12%	42,96%	49,15%	52,12%
Produktion [€]	744,67	848,43	525,20	744,67	848,43	525,2
Produktion [€/m³]	0,40	0,62	0,48	0,4	0,62	0,48
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	3.008,98	2.030,49	1.698,39	822,18	657,37	584,68
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	1.124,47	825,18	655,27	1.124,47	825,18	655,27
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	10.079,95	7.646,53	5.103,00	4.227,92	3.383,61	1.646,51
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

BHN-001	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 320,95	€ 308,90	€ 150,62	€ 155,49	€ 157,11	€ 68,39
GESAMT [€/m³]	€ 8,32	€ 8,34	€ 7,67	€ 4,03	€ 4,24	€ 3,48
MENGE WASSER [m³]	38,58	37,04	19,65	38,58	37,04	19,65
Menge ÖL [m³]	1.878,68	1.876,38	960,04	1.878,68	1.876,38	960,04
Verw. [%]	2,01%	1,94%	2,01%	2,01%	1,94%	2,01%
Produktion [€]	28,40	26,06	16,46	28,4	26,06	16,46
Produktion [€/m³]	0,74	0,70	0,84	0,74	0,7	0,84
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	61,93	54,68	30,56	16,92	17,7	10,52
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	23,15	22,22	11,79	23,15	22,22	11,79
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	207,48	205,93	91,81	87,02	91,13	29,62
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

EB-006	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 12.586,04	€ 10.749,17	€ 7.270,28	€ 8.609,36	€ 7.490,00	€ 4.125,40
GESAMT [€/m³]	€ 6,00	€ 6,28	€ 6,48	€ 4,11	€ 4,38	€ 3,68
MENGE WASSER [m³]	2.096,51	1.710,32	1.122,11	2.096,51	1.710,32	1.122,11
Menge ÖL [m³]	640,79	532,03	354,48	640,79	532,03	354,48
Verw. [%]	76,59%	76,27%	75,99%	76,59%	76,27%	75,99%
Produktion [€]	767,96	1.136,69	459,24	767,96	1.136,69	459,24
Produktion [€/m³]	0,37	0,66	0,41	0,37	0,66	0,41
PW.Transport [€]	3.938,19	1.586,22	1.090,25	3.938,19	1.586,22	1.090,25
PW.Transport [€/m³]	1,88	0,93	0,97	1,88	0,93	0,97
ZV [€]	1.488,50	1.174,17	1.168,71	406,72	380,14	402,34
ZV [€/m³]	0,71	0,69	1,04	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	930,91	773,57	651,88	930,91	773,57	651,88
FW.Transport [€/m³]	0,44	0,45	0,58	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	5.460,49	6.078,51	3.900,19	2.565,59	3.613,38	1.521,68
Injektion [€/m³]	2,60	3,55	3,48	1,22	2,11	1,36

EB-007	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 3.332,84	€ 5.937,66	€ 2.527,94	€ 2.345,32	€ 4.235,27	€ 1.484,84
GESAMT [€/m³]	€ 6,40	€ 6,65	€ 6,79	€ 4,50	€ 4,74	€ 3,99
MENGE WASSER [m³]	520,62	893,36	372,18	520,62	893,36	372,18
Menge ÖL [m³]	259,97	500,54	217,53	259,97	500,54	217,53
Verw. [%]	66,70%	64,09%	63,11%	66,70%	64,09%	63,11%
Produktion [€]	398,09	916,69	268,84	398,09	916,69	268,84
Produktion [€/m³]	0,76	1,03	0,72	0,76	1,03	0,72
PW.Transport [€]	977,96	828,55	361,62	977,96	828,55	361,62
PW.Transport [€/m³]	1,88	0,93	0,97	1,88	0,93	0,97
ZV [€]	369,63	613,32	387,64	101	198,56	133,45
ZV [€/m³]	0,71	0,69	1,04	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	231,17	404,07	216,22	231,17	404,07	216,22
FW.Transport [€/m³]	0,44	0,45	0,58	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	1.355,99	3.175,04	1.293,62	637,11	1.887,41	504,71
Injektion [€/m³]	2,60	3,55	3,48	1,22	2,11	1,36

EN-005A	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 202.388,05	€ 635.683,40	€ 468.550,94	€ 56.296,95	€ 384.408,33	€ 275.491,11
GESAMT [€/m³]	€ 3,91	€ 10,82	€ 14,13	€ 1,09	€ 6,54	€ 8,31
MENGE WASSER [m³]	51.807,15	58.770,43	33.163,93	51.807,15	58.770,43	33.163,93
Menge ÖL [m³]	11.519,75	6.737,97	2.985,43	11.519,75	6.737,97	2.985,43
Verw. [%]	81,81%	89,71%	91,74%	81,81%	89,71%	91,74%
Produktion [€]	5.587,74	6.151,76	3.647,12	5.587,74	6.151,76	3.647,12
Produktion [€/m³]	0,11	0,10	0,11	0,11	0,1	0,11
PW.Transport [€]						
PW.Transport [€/m³]						
ZV [€]						
ZV [€/m³]						
FW.Transport [€]	0,00	88.066,87	153.541,19	0	88.066,87	153.541,19
FW.Transport [€/m³]	0,00	1,50	4,63	0	1,5	4,63
Injektion [€]	196.800,30	541.464,77	311.362,64	50.709,21	290.189,70	118.302,81
Injektion [€/m³]	3,80	9,21	9,39	0,98	4,94	3,57

EN-006A	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 4.383,28	€ 9.762,31	€ 5.596,03	€ 1.437,96	€ 6.024,04	€ 3.368,83
GESAMT [€/m³]	€ 4,20	€ 11,17	€ 14,63	€ 1,38	€ 6,89	€ 8,81
MENGE WASSER [m³]	1.044,48	874,34	382,59	1.044,48	874,34	382,59
Menge ÖL [m³]	802,36	657,65	318,06	802,36	657,65	318,06
Verw. [%]	56,55%	57,07%	54,60%	56,55%	57,07%	54,60%
Produktion [€]	415,61	396,65	232,75	415,61	396,65	232,75
Produktion [€/m³]	0,40	0,45	0,61	0,4	0,45	0,61
PW.Transport [€]						
PW.Transport [€/m³]						
ZV [€]						
ZV [€/m³]						
FW.Transport [€]	0,00	1.310,19	1.771,30	0	1.310,19	1.771,30
FW.Transport [€/m³]	0,00	1,50	4,63	0	1,5	4,63
Injektion [€]	3.967,66	8.055,47	3.591,98	1.022,34	4.317,21	1.364,78
Injektion [€/m³]	3,80	9,21	9,39	0,98	4,94	3,57

EN-008	2011
GESAMT [€]	€ 6.610,33
GESAMT [€/m³]	€ 4,18
MENGE WASSER [m³]	1.582,15
Menge ÖL [m³]	25,12
Verw. [%]	98,44%
Produktion [€]	600,21
Produktion [€/m³]	0,38
PW.Transport [€]	
PW.Transport [€/m³]	
ZV [€]	
ZV [€/m³]	
FW.Transport [€]	0,00
FW.Transport [€/m³]	0,00
Injektion [€]	6.010,12
Injektion [€/m³]	3,80

2011
€ 2.148,83
€ 1,36
1.582,15
25,12
98,44%
600,21
0,38
0
0
1.548,62
0,98

HIER-001	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 85.060,80	€ 130.150,85	€ 108.712,02
GESAMT [€/m³]	€ 7,61	€ 7,65	€ 6,84
MENGE WASSER [m³]	11.179,70	17.011,60	15.895,33
Menge ÖL [m³]	14.325,04	16.073,85	12.234,66
Verw. [%]	43,83%	51,42%	56,51%
Produktion [€]	126,25	145,15	95,01
Produktion [€/m³]	0,01	0,01	0,01
PW.Transport [€]	147,27	100,58	87,84
PW.Transport [€/m³]	0,01	0,01	0,01
ZV [€]	17.949,49	25.115,75	24.719,53
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56
FW.Transport [€]	6.707,82	10.206,96	9.537,20
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60
Injektion [€]	60.129,96	94.582,41	74.272,45
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67

2011	2012	07/2013
€ 37.106,78	€ 60.436,81	€ 42.194,29
€ 3,32	€ 3,55	€ 2,65
11.179,70	17.011,60	15.895,33
14.325,04	16.073,85	12.234,66
43,83%	51,42%	56,51%
126,25	145,15	95,01
0,01	0,01	0,01
147,27	100,58	87,84
0,01	0,01	0,01
4.904,58	8.131,21	8.509,87
0,44	0,48	0,54
6.707,82	10.206,96	9.537,20
0,6	0,6	0,6
25.220,85	41.852,91	23.964,37
2,26	2,46	1,51

HIER-002A	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 1.157,45	€ 13.194,61	€ 9.865,36
GESAMT [€/m³]	€ 8,08	€ 8,26	€ 7,43
MENGE WASSER [m³]	143,31	1.596,65	1.327,80
Menge ÖL [m³]	8.682,61	5.642,44	2.791,66
Verw. [%]	1,62%	22,06%	32,23%
Produktion [€]	68,66	992,71	792,14
Produktion [€/m³]	0,48	0,62	0,60
PW.Transport [€]	1,89	9,44	7,34
PW.Transport [€/m³]	0,01	0,01	0,01
ZV [€]	230,10	2.357,28	2.064,92
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56
FW.Transport [€]	85,99	957,99	796,68
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60
Injektion [€]	770,81	8.877,19	6.204,28
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67

2011	2012	07/2013
€ 542,72	€ 6.651,48	€ 4.308,86
€ 3,79	€ 4,17	€ 3,25
143,31	1.596,65	1.327,80
8.682,61	5.642,44	2.791,66
1,62%	22,06%	32,23%
68,66	992,71	792,14
0,48	0,62	0,6
1,89	9,44	7,34
0,01	0,01	0,01
62,87	763,17	710,86
0,44	0,48	0,54
85,99	957,99	796,68
0,6	0,6	0,6
323,31	3.928,18	2.001,84
2,26	2,46	1,51

HIER-004	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 102.251,49	€ 90.259,73	€ 37.342,99	€ 44.526,07	€ 41.865,24	€ 14.478,03
GESAMT [€/m³]	€ 7,60	€ 7,64	€ 6,83	€ 3,31	€ 3,55	€ 2,65
MENGE WASSER [m³]	13.457,75	11.809,21	5.463,90	13.457,75	11.809,21	5.463,90
Menge ÖL [m³]	7.195,17	4.016,33	1.929,83	7.195,17	4.016,33	1.929,83
Verw. [%]	65,16%	74,62%	73,90%	65,16%	74,62%	73,90%
Produktion [€]	10,16	11,64	6,72	10,16	11,64	6,72
Produktion [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€]	177,28	69,82	30,19	177,28	69,82	30,19
PW.Transport [€/m³]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZV [€]	21.606,99	17.434,99	8.497,15	5.903,97	5.644,57	2.925,20
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	8.074,65	7.085,52	3.278,34	8.074,65	7.085,52	3.278,34
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	72.382,41	65.657,75	25.530,58	30.360,01	29.053,69	8.237,57
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

HIER-007	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 49.178,27	€ 56.050,71	€ 32.742,24	€ 118,67	€ 15,63	€ 28,37
GESAMT [€/m³]	€ 1.890,89	€ 15.226,39	€ 3.820,00	€ 4,56	€ 4,25	€ 3,31
MENGE WASSER [m³]	26,01	3,68	8,57	26,01	3,68	8,57
Menge ÖL [m³]	2.126,27	3.864,61	2.420,08	2.126,27	3.864,61	2.420,08
Verw. [%]	1,21%	0,10%	0,35%	1,21%	0,10%	0,35%
Produktion [€]	48.980,68	56.022,58	32.683,67	32,64	2,58	5,67
Produktion [€/m³]	1.883,30	15.218,74	3.813,17	1,25	0,7	0,66
PW.Transport [€]	0,34	0,02	0,05	0,34	0,02	0,05
PW.Transport [€/m³]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZV [€]	41,76	5,43	13,33	11,41	1,76	4,59
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	15,60	2,21	5,14	15,6	2,21	5,14
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	139,88	20,47	40,05	58,67	9,06	12,92
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

KE-001	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 88.382,88	€ 70.026,82	€ 42.460,13	€ 67.230,49	€ 56.288,46	€ 33.363,18
GESAMT [€/m³]	€ 17,92	€ 20,89	€ 19,53	€ 13,63	€ 16,79	€ 15,35
MENGE WASSER [m³]	4.931,34	3.352,43	2.173,84	4.931,34	3.352,43	2.173,84
Menge ÖL [m³]	589,77	490,13	272,20	589,77	490,13	272,2
Verw. [%]	89,32%	87,24%	88,87%	89,32%	87,24%	88,87%
Produktion [€]	19.760,40	19.657,97	12.747,04	19.760,40	19.657,97	12.747,04
Produktion [€/m³]	4,01	5,86	5,86	4,01	5,86	5,86
PW.Transport [€]	31.223,04	24.768,80	14.870,67	31.223,04	24.768,80	14.870,67
PW.Transport [€/m³]	6,33	7,39	6,84	6,33	7,39	6,84
ZV [€]	7.917,47	4.949,49	3.380,64	2.163,40	1.602,39	1.163,81
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	2.958,80	2.011,46	1.304,30	2.958,80	2.011,46	1.304,30
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	26.523,17	18.639,10	10.157,48	11.124,85	8.247,84	3.277,36
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

MDF-001A	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 173,21	€ 53,00	€ 7,11	€ 144,49	€ 42,91	€ 5,21
GESAMT [€/m³]	€ 11,44	€ 10,01	€ 10,46	€ 9,54	€ 8,10	€ 7,66
MENGE WASSER [m³]	15,14	5,30	0,68	15,14	5,3	0,68
Menge ÖL [m³]	823,38	1.651,00	649,43	823,38	1.651,00	649,43
Verw. [%]	1,81%	0,32%	0,10%	1,81%	0,32%	0,10%
Produktion [€]	87,84	23,24	2,98	87,84	23,24	2,98
Produktion [€/m³]	5,80	4,39	4,39	5,8	4,39	4,39
PW.Transport [€]	28,45	4,91	0,66	28,45	4,91	0,66
PW.Transport [€/m³]	1,88	0,93	0,97	1,88	0,93	0,97
ZV [€]	10,75	3,64	0,71	2,94	1,18	0,24
ZV [€/m³]	0,71	0,69	1,04	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	6,72	2,40	0,40	6,72	2,4	0,4
FW.Transport [€/m³]	0,44	0,45	0,58	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	39,44	18,82	2,36	18,53	11,19	0,92
Injektion [€/m³]	2,60	3,55	3,48	1,22	2,11	1,36

OB-001	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 126.606,49	€ 90.014,69	€ 42.839,10	€ 56.741,03	€ 51.393,83	€ 26.445,24
GESAMT [€/m³]	€ 7,16	€ 7,24	€ 7,43	€ 6,67	€ 5,91	€ 5,40
MENGE WASSER [m³]	17.680,44	12.438,08	5.769,21	8.512,25	8.701,41	4.899,93
Menge ÖL [m³]	764,43	704,03	299,48	835,83	667,69	350,88
Verw. [%]	95,86%	94,64%	95,07%	91,06%	92,87%	93,32%
Produktion [€]	19.552,76	17.506,71	8.120,22	16.422,20	16.022,98	9.022,83
Produktion [€/m³]	1,11	1,41	1,41	1,93	1,84	1,84
PW.Transport [€]	22.909,79	10.370,33	4.779,49	11.029,92	7.254,86	4.059,33
PW.Transport [€/m³]	1,30	0,83	0,83	1,3	0,83	0,83
ZV [€]	8.724,77	7.907,08	5.279,13	1.147,77	1.790,86	1.543,54
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	13.196,94	11.488,71	6.380,34	6.353,67	8.037,26	5.418,97
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	62.222,23	42.741,87	18.279,92	21.787,46	18.287,88	6.400,56
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

PK-001	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 11,72	€ 103,72	€ 46,33	€ 7,21	€ 54,75	€ 22,81
GESAMT [€/m³]	€ 11,15	€ 8,68	€ 8,24	€ 6,86	€ 4,58	€ 4,06
MENGE WASSER [m³]	1,05	11,95	5,62	1,05	11,95	5,62
Menge ÖL [m³]	367,56	1.225,24	547,96	367,56	1.225,24	547,96
Verw. [%]	0,29%	0,97%	1,02%	0,29%	0,97%	1,02%
Produktion [€]	3,75	12,47	7,95	3,75	12,47	7,95
Produktion [€/m³]	3,57	1,04	1,41	3,57	1,04	1,41
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	1,69	17,64	8,74	0,46	5,71	3,01
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	0,63	7,17	3,37	0,63	7,17	3,37
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	5,65	66,43	26,27	2,37	29,4	8,48
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

RA-001	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 225,75	€ 51,88	€ 22,83	€ 179,45	€ 37,62	€ 14,14
GESAMT [€/m³]	€ 6,43	€ 6,42	€ 6,47	€ 5,11	€ 4,66	€ 4,01
MENGE WASSER [m³]	35,13	8,08	3,53	35,13	8,08	3,53
Menge ÖL [m³]	35,72	35,46	19,38	35,72	35,46	19,38
Verw. [%]	49,58%	18,56%	15,41%	49,58%	18,56%	15,41%
Produktion [€]	13,95	5,01	1,70	13,95	5,01	1,7
Produktion [€/m³]	0,40	0,62	0,48	0,4	0,62	0,48
PW.Transport [€]	44,63	6,50	2,81	44,63	6,5	2,81
PW.Transport [€/m³]	1,27	0,80	0,80	1,27	0,8	0,8
ZV [€]	17,33	5,14	3,23	4,74	1,66	1,11
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	26,22	7,46	3,90	26,22	7,46	3,9
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	123,62	27,77	11,18	89,91	16,98	4,61
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

RA-002	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 21,77	€ 19,99	€ 12,27	€ 17,31	€ 14,50	€ 7,60
GESAMT [€/m³]	€ 6,43	€ 6,42	€ 6,47	€ 5,11	€ 4,66	€ 4,01
MENGE WASSER [m³]	3,39	3,11	1,90	3,39	3,11	1,9
Menge ÖL [m³]	240,06	224,29	131,51	240,06	224,29	131,51
Verw. [%]	1,39%	1,37%	1,42%	1,39%	1,37%	1,42%
Produktion [€]	1,35	1,93	0,92	1,35	1,93	0,92
Produktion [€/m³]	0,40	0,62	0,48	0,4	0,62	0,48
PW.Transport [€]	4,30	2,50	1,51	4,3	2,5	1,51
PW.Transport [€/m³]	1,27	0,80	0,80	1,27	0,8	0,8
ZV [€]	1,67	1,98	1,74	0,46	0,64	0,6
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	2,53	2,88	2,10	2,53	2,88	2,1
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	11,92	10,70	6,01	8,67	6,55	2,48
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

SAT-002	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 1.344,68	€ 889,45	€ 519,30	€ 1.122,87	€ 706,98	€ 373,68
GESAMT [€/m³]	€ 7,99	€ 8,60	€ 8,78	€ 6,67	€ 6,84	€ 6,32
MENGE WASSER [m³]	168,25	103,41	59,14	168,25	103,41	59,14
Menge ÖL [m³]	1.798,40	1.383,30	722,46	1.798,40	1.383,30	722,46
Verw. [%]	8,55%	6,96%	7,57%	8,55%	6,96%	7,57%
Produktion [€]	330,21	289,67	165,36	330,21	289,67	165,36
Produktion [€/m³]	1,96	2,80	2,80	1,96	2,8	2,8
PW.Transport [€]	213,77	83,18	47,03	213,77	83,18	47,03
PW.Transport [€/m³]	1,27	0,80	0,80	1,27	0,8	0,8
ZV [€]	83,02	65,74	54,12	22,69	21,28	18,63
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	125,58	95,52	65,41	125,58	95,52	65,41
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	592,10	355,35	187,39	430,63	217,33	77,25
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

SAT-006	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 67.963,23	€ 66.748,01	€ 38.510,37	€ 144,49	€ 42,91	€ 5,21
GESAMT [€/m³]	€ 7,98	€ 7,67	€ 7,86	€ 9,54	€ 8,10	€ 7,66
MENGE WASSER [m³]	8.512,25	8.701,41	4.899,93	15,14	5,3	0,68
Menge ÖL [m³]	835,83	667,69	350,88	823,38	1.651,00	649,43
Verw. [%]	91,06%	92,87%	93,32%	1,81%	0,32%	0,10%
Produktion [€]	16.422,20	16.022,98	9.022,83	87,84	23,24	2,98
Produktion [€/m³]	1,93	1,84	1,84	5,8	4,39	4,39
PW.Transport [€]	11.029,92	7.254,86	4.059,33	28,45	4,91	0,66
PW.Transport [€/m³]	1,30	0,83	0,83	1,88	0,93	0,97
ZV [€]	4.200,54	5.531,62	4.483,68	2,94	1,18	0,24
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	6.353,67	8.037,26	5.418,97	6,72	2,4	0,4
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	29.956,90	29.901,30	15.525,55	18,53	11,19	0,92
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	1,22	2,11	1,36

SAT-007	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 9.728,97	€ 8.689,71	€ 5.567,81	€ 8.578,76	€ 7.311,04	€ 4.356,09
GESAMT [€/m³]	€ 11,15	€ 11,12	€ 11,31	€ 9,83	€ 9,36	€ 8,85
MENGE WASSER [m³]	872,46	781,31	492,11	872,46	781,31	492,11
Menge ÖL [m³]	446,48	480,41	358,16	446,48	480,41	358,16
Verw. [%]	66,15%	61,92%	57,88%	66,15%	61,92%	57,88%
Produktion [€]	4.424,33	4.112,06	2.589,97	4.424,33	4.112,06	2.589,97
Produktion [€/m³]	5,07	5,26	5,26	5,07	5,26	5,26
PW.Transport [€]	1.152,49	674,40	424,05	1.152,49	674,4	424,05
PW.Transport [€/m³]	1,32	0,86	0,86	1,32	0,86	0,86
ZV [€]	430,53	496,69	450,30	117,64	160,8	155,02
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	651,21	721,68	544,24	651,21	721,68	544,24
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	3.070,40	2.684,89	1.559,26	2.233,09	1.642,10	642,82
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

SAT-008	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 30.453,91	€ 26.350,60	€ 18.334,74	€ 25.365,40	€ 20.639,91	€ 12.912,95
GESAMT [€/m³]	€ 7,89	€ 8,14	€ 8,33	€ 6,57	€ 6,38	€ 5,86
MENGE WASSER [m³]	3.859,73	3.236,32	2.201,91	3.859,73	3.236,32	2.201,91
Menge ÖL [m³]	581,53	456,89	287,26	581,53	456,89	287,26
Verw. [%]	86,91%	87,63%	88,46%	86,91%	87,63%	88,46%
Produktion [€]	7.180,82	7.579,56	5.156,95	7.180,82	7.579,56	5.156,95
Produktion [€/m³]	1,86	2,34	2,34	1,86	2,34	2,34
PW.Transport [€]	4.904,05	2.603,16	1.750,95	4.904,05	2.603,16	1.750,95
PW.Transport [€/m³]	1,27	0,80	0,80	1,27	0,8	0,8
ZV [€]	1.904,66	2.057,38	2.014,86	520,44	666,08	693,63
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	2.880,96	2.989,30	2.435,16	2.880,96	2.989,30	2.435,16
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	13.583,42	11.121,21	6.976,82	9.879,14	6.801,82	2.876,26
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

SAT-010	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 6.525,52	€ 5.103,01	€ 3.878,01	€ 5.266,80	€ 3.741,21	€ 2.472,09
GESAMT [€/m³]	€ 6,83	€ 6,61	€ 6,79	€ 5,52	€ 4,85	€ 4,33
MENGE WASSER [m³]	954,76	771,74	570,98	954,76	771,74	570,98
Menge ÖL [m³]	283,33	238,53	187,17	283,33	238,53	187,17
Verw. [%]	77,12%	76,39%	75,31%	77,12%	76,39%	75,31%
Produktion [€]	744,53	604,11	441,88	744,53	604,11	441,88
Produktion [€/m³]	0,78	0,78	0,77	0,78	0,78	0,77
PW.Transport [€]	1.237,15	643,45	473,03	1.237,15	643,45	473,03
PW.Transport [€/m³]	1,30	0,83	0,83	1,3	0,83	0,83
ZV [€]	471,14	490,61	522,48	128,74	158,83	179,87
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	712,64	712,84	631,46	712,64	712,84	631,46
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	3.360,05	2.652,00	1.809,17	2.443,74	1.621,99	745,85
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

SAT-023	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 54.828,91	€ 65.240,12	€ 31.929,98	€ 42.842,94	€ 45.394,94	€ 18.794,87
GESAMT [€/m³]	€ 6,03	€ 5,80	€ 5,99	€ 4,71	€ 4,04	€ 3,52
MENGE WASSER [m³]	9.091,58	11.246,52	5.334,47	9.091,58	11.246,52	5.334,47
Menge ÖL [m³]	714,84	1.200,03	1.187,29	714,84	1.200,03	1.187,29
Verw. [%]	92,71%	90,36%	81,79%	92,71%	90,36%	81,79%
Produktion [€]	9,20	8,99	4,75	9,2	8,99	4,75
Produktion [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€]	11.551,49	9.046,21	4.241,96	11.551,49	9.046,21	4.241,96
PW.Transport [€/m³]	1,27	0,80	0,80	1,27	0,8	0,8
ZV [€]	4.486,42	7.149,59	4.881,31	1.225,89	2.314,67	1.680,43
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	6.786,09	10.388,10	5.899,55	6.786,09	10.388,10	5.899,55
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	31.995,71	38.647,23	16.902,42	23.270,28	23.636,96	6.968,19
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

SIER-003B	2012	07/2013	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 11,06	€ 20,46	€ 4,12	€ 10,02
GESAMT [€/m³]	€ 41,25	€ 8,20	€ 15,36	€ 4,01
MENGE WASSER [m³]	0,27	2,50	0,27	2,5
Menge ÖL [m³]	280,55	1.520,41	280,55	1.520,41
Verw. [%]	0,10%	0,16%	0,10%	0,16%
Produktion [€]	3,09	3,10	3,09	3,1
Produktion [€/m³]	11,54	1,24	11,54	1,24
PW.Transport [€]	5,92	0,32	0,08	0,32
PW.Transport [€/m³]	22,07	0,13	0,28	0,13
ZV [€]	0,40	3,88	0,13	1,34
ZV [€/m³]	1,48	1,56	0,48	0,54
FW.Transport [€]	0,16	1,50	0,16	1,5
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,6	0,6
Injektion [€]	1,49	11,66	0,66	3,76
Injektion [€/m³]	5,56	4,67	2,46	1,51

SIER-004A	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 10.668,39	€ 265,38	€ 55,30	€ 202,14	€ 37,75	€ 23,54
GESAMT [€/m³]	€ 211,23	€ 30,19	€ 7,29	€ 4,00	€ 4,29	€ 3,10
MENGE WASSER [m³]	50,51	8,79	7,59	50,51	8,79	7,59
Menge ÖL [m³]	10.723,61	9.101,58	7.497,23	10.723,61	9.101,58	7.497,23
Verw. [%]	0,47%	0,10%	0,10%	0,47%	0,10%	0,10%
Produktion [€]	20,32	4,19	2,51	20,32	4,19	2,51
Produktion [€/m³]	0,40	0,48	0,33	0,4	0,48	0,33
PW.Transport [€]	10.265,03	194,06	0,98	15,42	2,46	0,98
PW.Transport [€/m³]	203,24	22,07	0,13	0,31	0,28	0,13
ZV [€]	81,09	12,98	11,80	22,16	4,2	4,06
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	30,30	5,27	4,55	30,3	5,27	4,55
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	271,65	48,88	35,46	113,94	21,63	11,44
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

SIER-007	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 505,11	€ 61,26
GESAMT [€/m³]	€ 31,78	€ 7,38
MENGE WASSER [m³]	15,90	8,30
Menge ÖL [m³]	1.275,84	3.649,26
Verw. [%]	1,23%	0,23%
Produktion [€]	32,85	3,53
Produktion [€/m³]	2,07	0,43
PW.Transport [€]	350,88	1,07
PW.Transport [€/m³]	22,07	0,13
ZV [€]	23,47	12,91
ZV [€/m³]	1,48	1,56
FW.Transport [€]	9,54	4,98
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60
Injektion [€]	88,38	38,77
Injektion [€/m³]	5,56	4,67

2012	07/2013
€ 93,54	€ 26,53
€ 5,88	€ 3,20
15,9	8,3
1.275,84	3.649,26
1,23%	0,23%
32,85	3,53
2,07	0,43
4,45	1,07
0,28	0,13
7,6	4,44
0,48	0,54
9,54	4,98
0,6	0,6
39,11	12,51
2,46	1,51

SIER-011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 1.991,95	€ 710,70
GESAMT [€/m³]	€ 32,37	€ 7,79
MENGE WASSER [m³]	61,53	91,19
Menge ÖL [m³]	772,26	2.463,58
Verw. [%]	7,38%	3,57%
Produktion [€]	163,80	76,30
Produktion [€/m³]	2,66	0,84
PW.Transport [€]	1.358,28	11,75
PW.Transport [€/m³]	22,07	0,13
ZV [€]	90,85	141,82
ZV [€/m³]	1,48	1,56
FW.Transport [€]	36,92	54,72
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60
Injektion [€]	342,11	426,11
Injektion [€/m³]	5,56	4,67

2012	07/2013
€ 398,73	€ 329,07
€ 6,48	€ 3,61
61,53	91,19
772,26	2.463,58
7,38%	3,57%
163,8	76,3
2,66	0,84
17,22	11,75
0,28	0,13
29,41	48,82
0,48	0,54
36,92	54,72
0,6	0,6
151,39	137,49
2,46	1,51

STHS-006B	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 38.257,08	€ 16.368,64	€ 324,83	€ 30.575,64	€ 11.810,16	€ 203,07
GESAMT [€/m³]	€ 6,57	€ 6,34	€ 6,57	€ 5,25	€ 4,57	€ 4,11
MENGE WASSER [m³]	5.826,52	2.583,35	49,45	5.826,52	2.583,35	49,45
Menge ÖL [m³]	758,03	416,59	516,43	758,03	416,59	516,43
Verw. [%]	88,49%	86,11%	8,74%	88,49%	86,11%	8,74%
Produktion [€]	3.107,87	1.374,34	27,38	3.107,87	1.374,34	27,38
Produktion [€/m³]	0,53	0,53	0,55	0,53	0,53	0,55
PW.Transport [€]	7.419,91	2.088,49	40,83	7.419,91	2.088,49	40,83
PW.Transport [€/m³]	1,27	0,81	0,83	1,27	0,81	0,83
ZV [€]	2.875,21	1.642,28	45,25	785,63	531,69	15,58
ZV [€/m³]	0,49	0,64	0,92	0,13	0,21	0,32
FW.Transport [€]	4.349,00	2.386,17	54,69	4.349,00	2.386,17	54,69
FW.Transport [€/m³]	0,75	0,92	1,11	0,75	0,92	1,11
Injektion [€]	20.505,09	8.877,36	156,69	14.913,23	5.429,47	64,6
Injektion [€/m³]	3,52	3,44	3,17	2,56	2,1	1,31

V-007	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 16.816,27	€ 15.256,23	€ 8.373,76	€ 11.608,36	€ 10.505,74	€ 4.806,99
GESAMT [€/m³]	€ 6,12	€ 6,12	€ 6,58	€ 4,23	€ 4,21	€ 3,78
MENGE WASSER [m³]	2.745,62	2.492,91	1.272,64	2.745,62	2.492,91	1.272,64
Menge ÖL [m³]	163,70	145,18	76,33	163,7	145,18	76,33
Verw. [%]	94,37%	94,50%	94,34%	94,37%	94,50%	94,34%
Produktion [€]	1.408,34	1.318,60	691,34	1.408,34	1.318,60	691,34
Produktion [€/m³]	0,51	0,53	0,54	0,51	0,53	0,54
PW.Transport [€]	5.088,32	2.238,75	1.194,19	5.088,32	2.238,75	1.194,19
PW.Transport [€/m³]	1,85	0,90	0,94	1,85	0,9	0,94
ZV [€]	1.949,35	1.711,45	1.325,49	532,65	554,08	456,31
ZV [€/m³]	0,71	0,69	1,04	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	1.219,13	1.127,54	739,33	1.219,13	1.127,54	739,33
FW.Transport [€/m³]	0,44	0,45	0,58	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	7.151,13	8.859,89	4.423,40	3.359,93	5.266,77	1.725,81
Injektion [€/m³]	2,60	3,55	3,48	1,22	2,11	1,36

V-011	2011	2012	2011	2012
GESAMT [€]	€ 27.163,99	€ 6.758,22	€ 12.810,11	€ 3.193,99
GESAMT [€/m³]	€ 8,12	€ 7,77	€ 3,83	€ 3,67
MENGE WASSER [m³]	3.346,37	869,74	3.346,37	869,74
Menge ÖL [m³]	323,33	55,54	323,33	55,54
Verw. [%]	91,19%	94,00%	91,19%	94,00%
Produktion [€]	1.784,96	116,63	1.784,96	116,63
Produktion [€/m³]	0,53	0,13	0,53	0,13
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0	0
ZV [€]	5.372,75	1.284,08	1.468,07	415,72
ZV [€/m³]	1,61	1,48	0,44	0,48
FW.Transport [€]	2.007,82	521,85	2.007,82	521,85
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,6	0,6
Injektion [€]	17.998,45	4.835,67	7.549,25	2.139,79
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	2,26	2,46

V-013A	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 46.052,50	€ 47.687,73	€ 31.664,90	€ 32.176,83	€ 33.123,52	€ 18.359,57
GESAMT [€/m³]	€ 6,30	€ 6,24	€ 6,67	€ 4,40	€ 4,33	€ 3,87
MENGE WASSER [m³]	7.315,27	7.642,88	4.747,43	7.315,27	7.642,88	4.747,43
Menge ÖL [m³]	2.363,30	2.392,12	1.342,04	2.363,30	2.392,12	1.342,04
Verw. [%]	75,58%	76,16%	77,96%	75,58%	76,16%	77,96%
Produktion [€]	4.816,13	4.732,52	2.848,83	4.816,13	4.732,52	2.848,83
Produktion [€/m³]	0,66	0,62	0,60	0,66	0,62	0,6
PW.Transport [€]	13.741,37	7.088,34	4.612,63	13.741,37	7.088,34	4.612,63
PW.Transport [€/m³]	1,88	0,93	0,97	1,88	0,93	0,97
ZV [€]	5.193,75	5.247,02	4.944,57	1.419,16	1.698,72	1.702,20
ZV [€/m³]	0,71	0,69	1,04	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	3.248,17	3.456,87	2.757,99	3.248,17	3.456,87	2.757,99
FW.Transport [€/m³]	0,44	0,45	0,58	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	19.053,07	27.162,99	16.500,88	8.952,00	16.147,08	6.437,92
Injektion [€/m³]	2,60	3,55	3,48	1,22	2,11	1,36

V-015C	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 578.597,89	€ 588.095,26	€ 302.631,35	€ 258.601,99	€ 279.420,80	€ 121.549,10
GESAMT [€/m³]	€ 7,76	€ 7,81	€ 6,99	€ 3,47	€ 3,71	€ 2,81
MENGE WASSER [m³]	74.601,85	75.322,64	43.272,09	74.601,85	75.322,64	43.272,09
Menge ÖL [m³]	1.498,02	1.296,68	384,65	1.498,02	1.296,68	384,65
Verw. [%]	98,03%	98,31%	99,12%	98,03%	98,31%	99,12%
Produktion [€]	11.831,88	12.466,06	6.941,59	11.831,88	12.466,06	6.941,59
Produktion [€/m³]	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,16
PW.Transport [€]	982,76	445,35	239,13	982,76	445,35	239,13
PW.Transport [€/m³]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZV [€]	119.776,49	111.205,58	67.294,35	32.728,16	36.002,73	23.166,55
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	44.761,11	71.781,46	25.963,25	44.761,11	71.781,46	25.963,25
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	401.245,65	418.784,69	202.193,03	168.298,08	185.313,09	65.238,58
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

V-019	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 3.701,96	€ 2.726,85	€ 1.436,67	€ 2.789,49	€ 2.135,71	€ 1.014,29
GESAMT [€/m³]	€ 7,70	€ 8,79	€ 9,53	€ 5,80	€ 6,88	€ 6,73
MENGE WASSER [m³]	481,06	310,21	150,71	481,06	310,21	150,71
Menge ÖL [m³]	404,82	273,52	160,98	404,82	273,52	160,98
Verw. [%]	54,30%	53,14%	48,35%	54,30%	53,14%	48,35%
Produktion [€]	990,24	983,35	521,90	990,24	983,35	521,9
Produktion [€/m³]	2,06	3,17	3,46	2,06	3,17	3,46
PW.Transport [€]	903,64	287,71	146,43	903,64	287,71	146,43
PW.Transport [€/m³]	1,88	0,93	0,97	1,88	0,93	0,97
ZV [€]	341,54	212,97	156,97	93,32	68,95	54,04
ZV [€/m³]	0,71	0,69	1,04	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	213,60	140,31	87,55	213,6	140,31	87,55
FW.Transport [€/m³]	0,44	0,45	0,58	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	1.252,94	1.102,51	523,82	588,69	655,39	204,37
Injektion [€/m³]	2,60	3,55	3,48	1,22	2,11	1,36

V-021	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 6.628,51	€ 7.056,36	€ 6.643,10	€ 3.452,16	€ 3.768,91	€ 3.064,62
GESAMT [€/m³]	€ 8,95	€ 8,80	€ 7,77	€ 4,66	€ 4,70	€ 3,58
MENGE WASSER [m³]	740,51	802,20	855,13	740,51	802,2	855,13
Menge ÖL [m³]	800,27	886,75	452,62	800,27	886,75	452,62
Verw. [%]	48,06%	47,50%	65,39%	48,06%	47,50%	65,39%
Produktion [€]	1.002,67	925,78	799,78	1.002,67	925,78	799,78
Produktion [€/m³]	1,35	1,15	0,94	1,35	1,15	0,94
PW.Transport [€]	9,76	4,74	4,73	9,76	4,74	4,73
PW.Transport [€/m³]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZV [€]	1.188,93	1.184,36	1.329,85	324,87	383,44	457,81
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	444,31	481,32	513,08	444,31	481,32	513,08
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	3.982,85	4.460,15	3.995,67	1.670,56	1.973,63	1.289,22
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

V-023	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 6.360,44	€ 3.496,95	€ 1.879,20	€ 2.766,57	€ 1.622,80	€ 730,20
GESAMT [€/m³]	€ 7,59	€ 7,65	€ 6,84	€ 3,30	€ 3,55	€ 2,66
MENGE WASSER [m³]	837,85	457,33	274,57	837,85	457,33	274,57
Menge ÖL [m³]	990,78	713,20	220,49	990,78	713,2	220,49
Verw. [%]	45,82%	39,07%	55,46%	45,82%	39,07%	55,46%
Produktion [€]	6,13	4,66	4,51	6,13	4,66	4,51
Produktion [€/m³]	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	1.345,21	675,20	426,99	367,57	218,59	147
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	502,71	274,40	164,74	502,71	274,4	164,74
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	4.506,38	2.542,69	1.282,95	1.890,15	1.125,15	413,95
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

V-029	2011
GESAMT [€]	€ 56.905,26
GESAMT [€/m³]	€ 8,13
MENGE WASSER [m³]	6.998,89
Menge ÖL [m³]	0,00
Verw. [%]	100,00%
Produktion [€]	3.733,21
Produktion [€/m³]	0,53
PW.Transport [€]	92,20
PW.Transport [€/m³]	0,01
ZV [€]	11.237,02
ZV [€/m³]	1,61
FW.Transport [€]	4.199,33
FW.Transport [€/m³]	0,60
Injektion [€]	37.643,50
Injektion [€/m³]	5,38

2011
€ 26.884,34
€ 3,84
6.998,89
0
100,00%
3.733,21
0,53
92,2
0,01
3.070,44
0,44
4.199,33
0,6
15.789,15
2,26

V-030	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 950.637,29	€ 937.247,72	€ 366.741,92	€ 426.861,81	€ 446.976,73	€ 149.395,25
GESAMT [€/m³]	€ 7,79	€ 7,83	€ 7,06	€ 3,50	€ 3,74	€ 2,88
MENGE WASSER [m³]	122.109,75	119.635,77	51.937,97	122.109,75	119.635,77	51.937,97
Menge ÖL [m³]	3.005,01	3.173,67	1.052,51	3.005,01	3.173,67	1.052,51
Verw. [%]	97,60%	97,42%	98,01%	97,60%	97,42%	98,01%
Produktion [€]	22.943,73	22.969,60	11.835,87	22.943,73	22.969,60	11.835,87
Produktion [€/m³]	0,19	0,19	0,23	0,19	0,19	0,23
PW.Transport [€]	1.608,60	707,35	287,02	1.608,60	707,35	287,02
PW.Transport [€/m³]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZV [€]	196.052,48	176.629,04	80.771,05	53.570,08	57.183,52	27.805,99
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	73.265,85	71.781,46	31.162,78	73.265,85	71.781,46	31.162,78
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	656.766,62	665.160,28	242.685,20	275.473,54	294.334,80	78.303,58
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

V-033	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 307.658,70	€ 367.443,61	€ 233.575,35	€ 168.722,71	€ 228.621,76	€ 113.434,64
GESAMT [€/m³]	€ 4,20	€ 5,04	€ 5,45	€ 2,30	€ 3,14	€ 2,65
MENGE WASSER [m³]	73.247,31	72.849,66	42.866,99	73.247,31	72.849,66	42.866,99
Menge ÖL [m³]	1.259,17	1.304,30	732,92	1.259,17	1.304,30	732,92
Verw. [%]	98,31%	98,24%	98,32%	98,31%	98,24%	98,32%
Produktion [€]	20.078,88	20.234,62	11.649,92	20.078,88	20.234,62	11.649,92
Produktion [€/m³]	0,27	0,28	0,27	0,27	0,28	0,27
PW.Transport [€]	12.274,47	5.336,36	3.380,04	12.274,47	5.336,36	3.380,04
PW.Transport [€/m³]	0,17	0,07	0,08	0,17	0,07	0,08
ZV [€]	52.004,62	50.013,09	44.647,07	14.209,93	16.191,70	15.370,06
ZV [€/m³]	0,71	0,69	1,04	0,19	0,22	0,36
FW.Transport [€]	32.523,73	32.949,83	24.903,31	32.523,73	32.949,83	24.903,31
FW.Transport [€/m³]	0,44	0,45	0,58	0,44	0,45	0,58
Injektion [€]	190.777,00	258.909,70	148.995,02	89.635,70	153.909,25	58.131,31
Injektion [€/m³]	2,60	3,55	3,48	1,22	2,11	1,36

V-041	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 385,93	€ 790,47	€ 2,10	€ 232,39	€ 495,34	€ 1,22
GESAMT [€/m³]	€ 10,78	€ 10,98	€ 9,97	€ 6,49	€ 6,88	€ 5,79
MENGE WASSER [m³]	35,79	72,02	0,21	35,79	72,02	0,21
Menge ÖL [m³]	430,08	359,48	280,60	430,08	359,48	280,6
Verw. [%]	7,68%	16,69%	0,08%	7,68%	16,69%	0,08%
Produktion [€]	114,46	240,53	0,66	114,46	240,53	0,66
Produktion [€/m³]	3,20	3,34	3,14	3,2	3,34	3,14
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	57,47	106,33	0,33	15,7	34,42	0,11
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	21,48	43,21	0,13	21,48	43,21	0,13
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	192,52	400,41	0,99	80,75	177,18	0,32
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

V-043	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 2.833,04	€ 4.158,70	€ 1.548,57	€ 1.369,74	€ 2.219,59	€ 784,49
GESAMT [€/m³]	€ 8,30	€ 8,79	€ 8,48	€ 4,02	€ 4,69	€ 4,30
MENGE WASSER [m³]	341,14	473,18	182,59	341,14	473,18	182,59
Menge ÖL [m³]	1.932,45	959,05	399,76	1.932,45	959,05	399,76
Verw. [%]	15,00%	33,04%	31,35%	15,00%	33,04%	31,35%
Produktion [€]	245,79	545,36	301,91	245,79	545,36	301,91
Produktion [€/m³]	0,72	1,15	1,65	0,72	1,15	1,65
PW.Transport [€]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
PW.Transport [€/m³]	0,00	0,00	0,00	0	0	0
ZV [€]	547,72	698,60	283,95	149,66	226,17	97,75
ZV [€/m³]	1,61	1,48	1,56	0,44	0,48	0,54
FW.Transport [€]	204,69	283,91	109,55	204,69	283,91	109,55
FW.Transport [€/m³]	0,60	0,60	0,60	0,6	0,6	0,6
Injektion [€]	1.834,84	2.630,83	853,16	769,6	1.164,15	275,27
Injektion [€/m³]	5,38	5,56	4,67	2,26	2,46	1,51

Li1	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 19.740,78	€ 13.289,56	€ 6.839,96	€ 19.740,78	€ 13.289,56	€ 6.839,96
GESAMT [€/m³]	€ 64,43	€ 40,45	€ 36,99	€ 64,43	€ 40,45	€ 36,99
MENGE WASSER [m³]	306,40	328,53	184,90	306,4	328,53	184,9
Menge ÖL [m³]						
Verw. [%]	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Produktion [€]	18.204,79	12.099,82	5.583,76	18.204,79	12.099,82	5.583,76
Produktion [€/m³]	59,42	36,83	30,20	59,42	36,83	30,2
PW.Transport [€]						
PW.Transport [€/m³]						
ZV [€]						
ZV [€/m³]						
FW.Transport [€]	919,19	985,58	554,69	919,19	985,58	554,69
FW.Transport [€/m³]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Injektion [€]	306,40	328,53	184,90	306,40	328,53	184,90
Injektion [€/m³]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

LiS	2011	2012	07/2013	2011	2012	07/2013
GESAMT [€]	€ 3.965,11	€ 4.832,76	€ 2.773,05	€ 3.965,11	€ 4.832,76	€ 2.773,05
GESAMT [€/m³]	€ 80,79	€ 173,28	€ 107,69	€ 80,79	€ 173,28	€ 107,69
MENGE WASSER [m³]	49,08	27,89	25,75	49,08	27,89	25,75
Menge ÖL [m³]						
Verw. [%]	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Produktion [€]	3.719,08	4.731,76	2.598,10	3.719,08	4.731,76	2.598,10
Produktion [€/m³]	75,78	169,66	100,90	75,78	169,66	100,9
PW.Transport [€]						
PW.Transport [€/m³]						
ZV [€]						
ZV [€/m³]						
FW.Transport [€]	147,24	83,67	77,25	147,24	83,67	77,25
FW.Transport [€/m³]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Injektion [€]	49,08	27,89	25,75	49,08	27,89	25,75
Injektion [€/m³]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

OF6	2011	2012
GESAMT [€]	€ 29.294,98	€ 35.259,22
GESAMT [€/m³]	€ 37,24	€ 51,67
MENGE WASSER [m³]	786,75	682,42
Menge ÖL [m³]		
Verw. [%]	100,00%	100,00%
Produktion [€]	25.350,96	32.787,86
Produktion [€/m³]	32,22	48,05
PW.Transport [€]		
PW.Transport [€/m³]		
ZV [€]		
ZV [€/m³]		
FW.Transport [€]	2.360,25	2.047,26
FW.Transport [€/m³]	3,00	3,00
Injektion [€]	786,75	682,42
Injektion [€/m³]	1,00	1,00

2011	2012
€ 29.294,98	€ 35.259,22
€ 37,24	€ 51,67
786,75	682,42
100,00%	100,00%
25.350,96	32.787,86
32,22	48,05
2.360,25	2.047,26
3,00	3,00
786,75	682,42
1,00	1,00