

Entwicklung eines Konzeptes zur Steigerung der Energieeffizienz und Betriebssicherheit sowie zur Optimierung des gekoppelten Systems Klär-/Biogasanlage

F. Uhlenhut^{1*}, S. Steinigeweg¹, W. Lindenthal¹, A. Borchert¹

¹ EUTEC

*Fachbereich Technik,
Hochschule Emden/Leer
Constantiaplatz 4, D-26723 Emden*

*K. Wellbrock, M. Grottker
Fachhochschule Lübeck
Mönkhofer Weg 239
23562 Lübeck*

**Vortragender Autor, e-mail: frank.uhlenhut@hs-emden-leer.de*



Innovationsforum Wasserwirtschaft, 10.10.2011

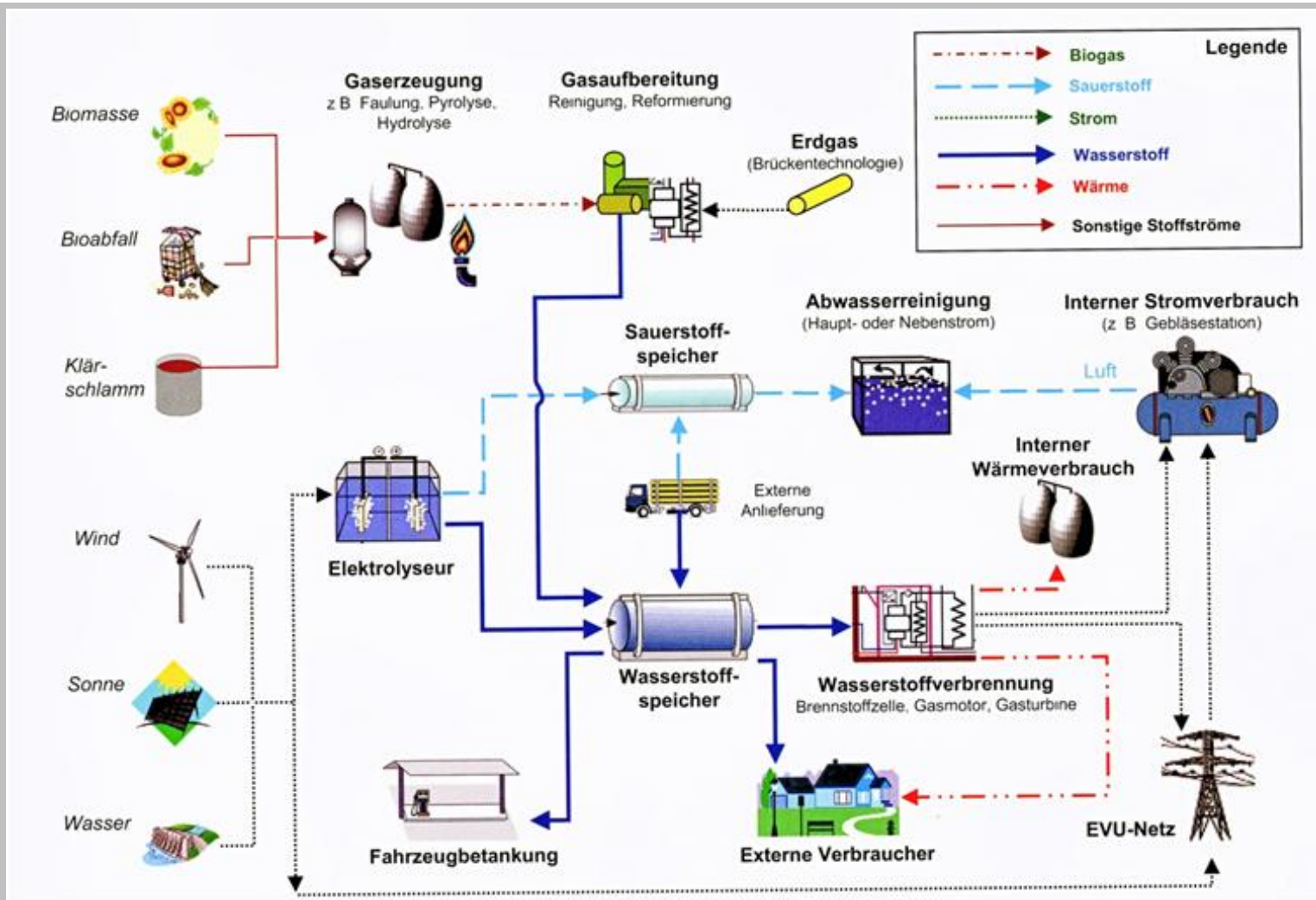
Gliederung

- Einleitung/Motivation
- Bisherige Arbeiten
 - Bestandserfassung
 - Kläranlage Emden
 - Kläranlage Reinfeld
 - VAK Reinfeld
 - Simulation der Kläranlage Emden
 - Potenzialabschätzung
- Ziele des Hauptprojektes

Einleitung/Motivation

- Anteil der Abwasserreinigung am gesamten kommunalen Strombedarf beträgt rund 35 % [*G. Seibert-Erling*].
- Insgesamt werden in Deutschland jährlich rund 4.400 GWh elektrischer Energie für die Abwasserreinigung aufgewendet und dadurch ca. 3 Mio. t CO₂ ausgestoßen [*UBA 2008, Schmitt 2010*].
- Steigende Energiekosten und Zielvorgabe einer CO₂-Reduzierung ⇒ Auch Abwasserreinigung muss effizienter gestaltet werden! ⇒ Energieeffizienzsteigerung und Nutzung eigener Energieträger.
- Über eine Kombination klassischer Energieträger (Faulgas, Klärschlamm) mit nicht unterbrechungsfrei verfügbaren Energien (Windenergie, Solarenergie) könnten Kläranlagen einen Beitrag zur Abdeckung der Residuallast leisten.

Einleitung/Motivation



Entwurf für ein gekoppeltes Gesamtsystem zur zukünftigen Energieversorgung.
 [Dohmann und Schröder, 2011]

Bisherige Arbeiten

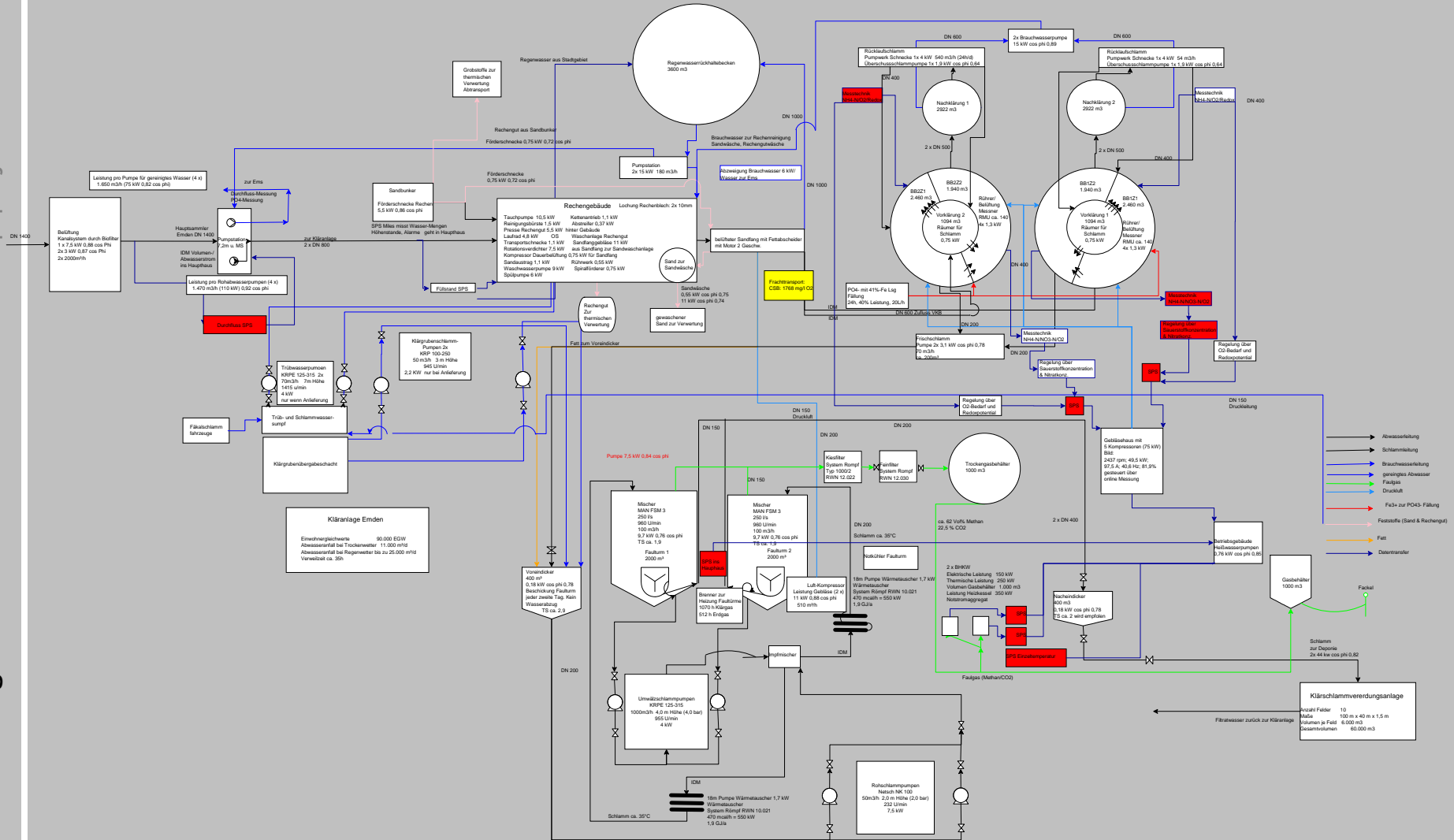
Bestandserfassung

- Erfassung von:
 - Anlagen- und Prozess-Steuerung
 - Volumen- und Stoffströme
 - Energieverbrauch für einzelne Anlagenteile/Prozesse
 - Online-Daten der Kläranlage Emden mit dem Aqualogic-System der Firma Passavant-Intech GmbH für die Belebungsbecken und die Belüftung
 - Online-Daten der Stadtwerke Emden für die Kläranlage Emden

Bestandserfassung – KA Emden

2. Ziele des Hauptprojektes

1. Bisherige Arbeiten



Bestandserfassung – KA Emden

2. Ziele des Hauptprojektes

1. Bisherige Arbeiten



Bestandserfassung – KA Emden

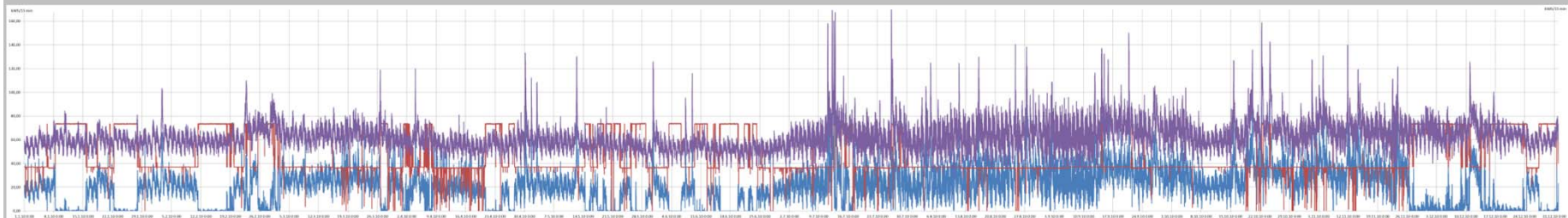
- 90.000 EW; 75.000 EW angeschlossen
- 11.000 m³ – 25.000 m³ Abwasser pro Tag
- Klärschlamm zum Faulturm:
 - 150 m³ alle 2 Tage in jeden Faulturm
- Klärschlamm vom Faulturm zur Vererdung:
 - 150 m³ alle 2 Tage aus jedem Faulturm
- Verbrauch elektrische Energie:
 - 2.224.653,96 kWh/a ⇒ 29,33 kWh/(a*EW)
 - 741.718,26 kWh/a von Stadtwerken
 - 1.482.935,70 kWh/a aus BHKW
- Gewinnung elektrische Energie BHKW:
 - 737.419 kWh/a aus Klärgas
 - 564.898 m³ (simuliert: 541.946 m³)
 - 859.531 kWh/a aus Erdgas

 - Einspeisung ins Netz:
114.015,90 kWh/a

Bestandserfassung – KA Emden

KA Emden:

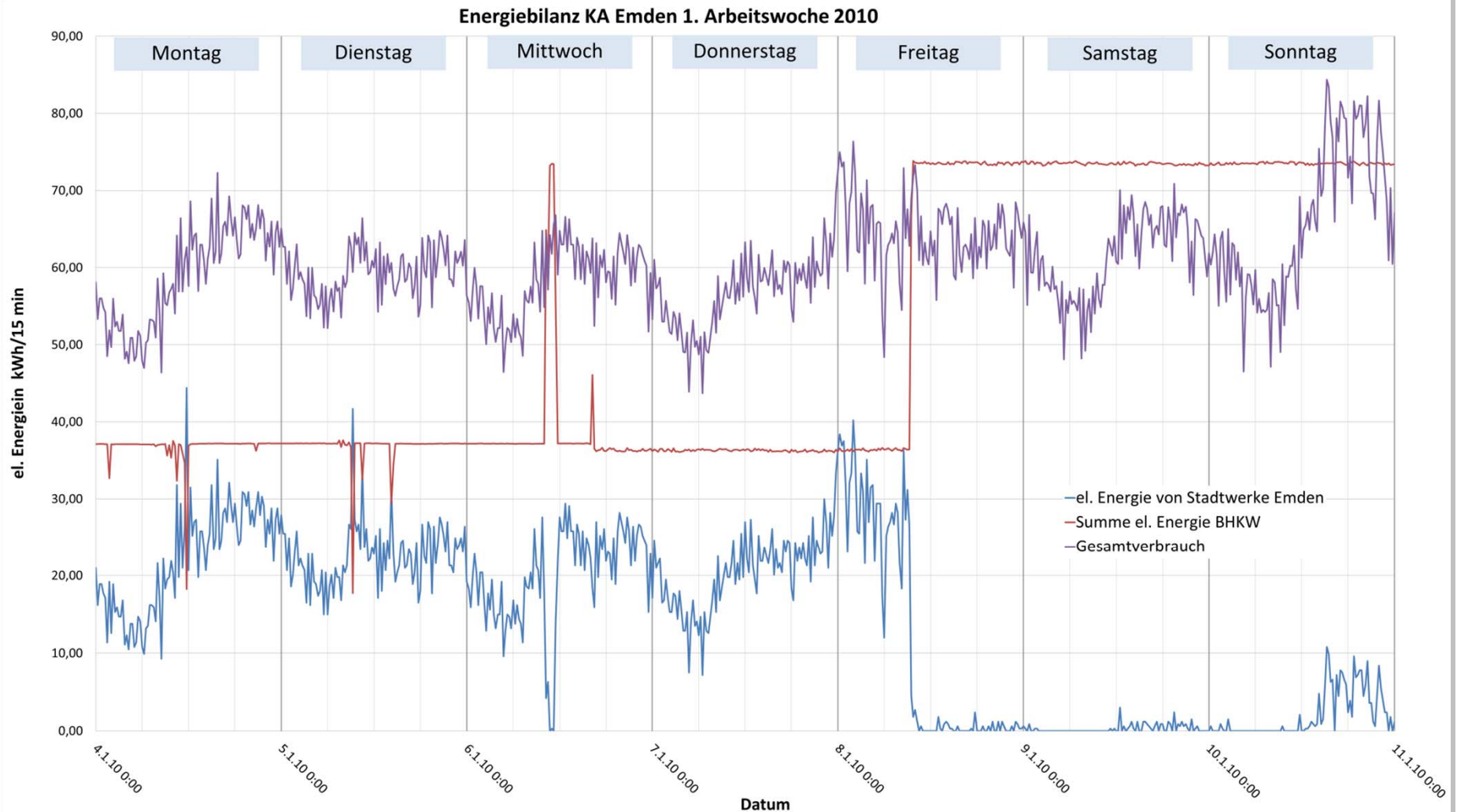
Vergleich der selbst erzeugten und von den Stadtwerken gelieferten elektrischen Energie zum Verbrauch der KA.



Jahresverlauf

— el. Energie von Stadtwerke Emden
— Summe el. Energie BHKW
— Gesamtverbrauch

Elektrische Energie – KA Emden

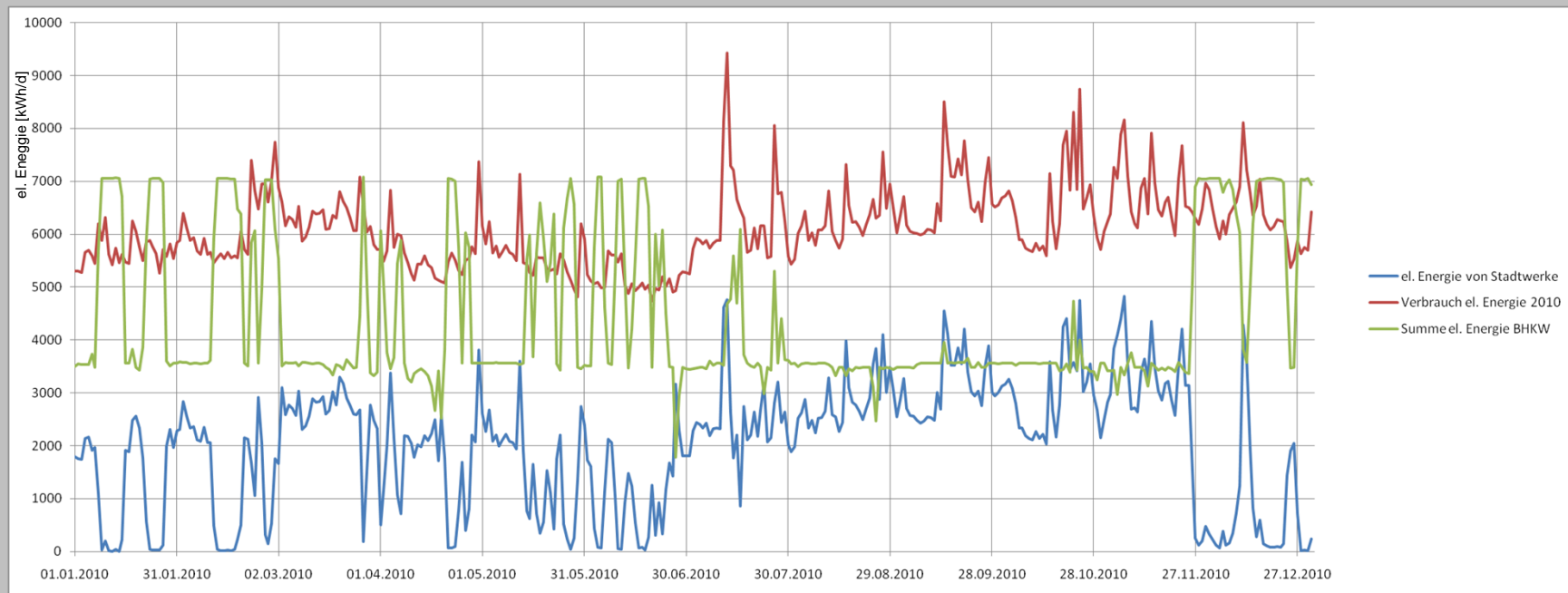


1. Arbeitswoche 2010 (04.01. – 11.01.2010)

Elektrische Energie – KA Emden

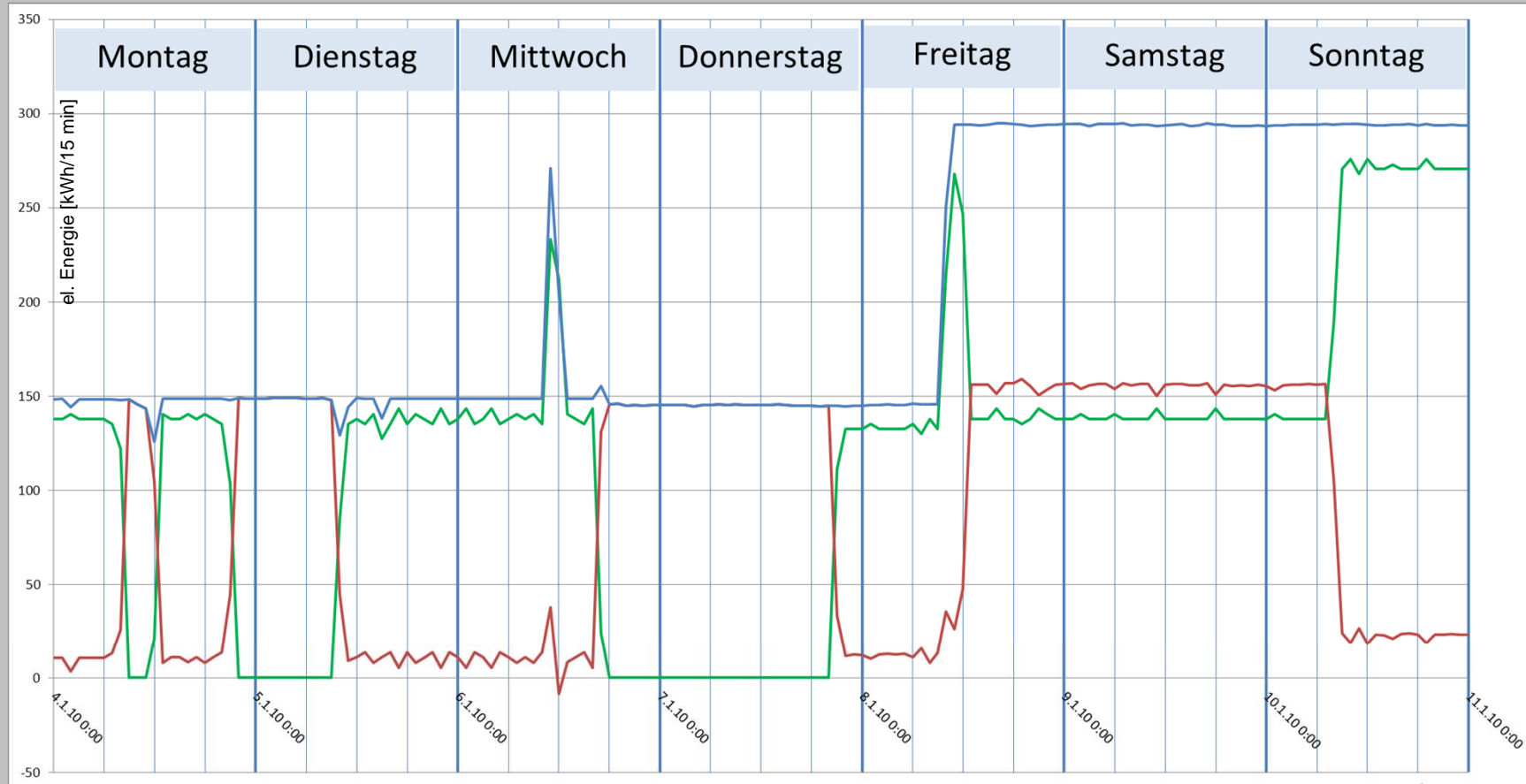
KA Emden:

Vergleich der aus Klärgas und aus Erdgas in den BHKWs erzeugten elektrischen Energie.



Elektrische Energie – KA Emden

KA Emden: Vergleich der aus Klärgas und aus Erdgas in den BHKWs erzeugten elektrischen Energie.



2. Ziele des Hauptprojektes

1. Bisherige Arbeiten

1. Arbeitswoche 2010 (04.01. – 11.01.2010)

Innovationsforum Wasserwirtschaft, 10.10.2011

— el. Energie kWh aus Erdgas
— el kWh aus Klärgas BHKW
— el kWh aus BHKW

Folie 13

Bestandserfassung – KA Reinfeld

2. Ziele des Hauptprojektes

1. Bisherige Arbeiten

Kenndaten der KA Reinfeld	
Jahresschmutzwassermenge	Zulauf 565,000 m ³ /a
	Ablauf 521,000 m ³ /a
Tagesmittel	Zulauf 1,549 m ³ /d
	Ablauf 1,426 m ³ /d
Energieverbrauch	gesamt 766.290 kWh/a 747.758 kWh/a (für das Jahr 2009 / 2010)
	pro EW 58.9 / 57.5 kWh/(EW*a) (bezogen auf 13.000 EW)
Energieerzeugung	z. Zt. keine; BHKW ist in Revision
Faulgasproduktion	gesamt 132,110 m ³ /a
	theo. Energieausbeute 792,660 kWh/a (bei 6 kWh/m ³ Biogas; ATV M 372)

Referenzwert:

ca. 35 bis 44 kWh/(EW*a)

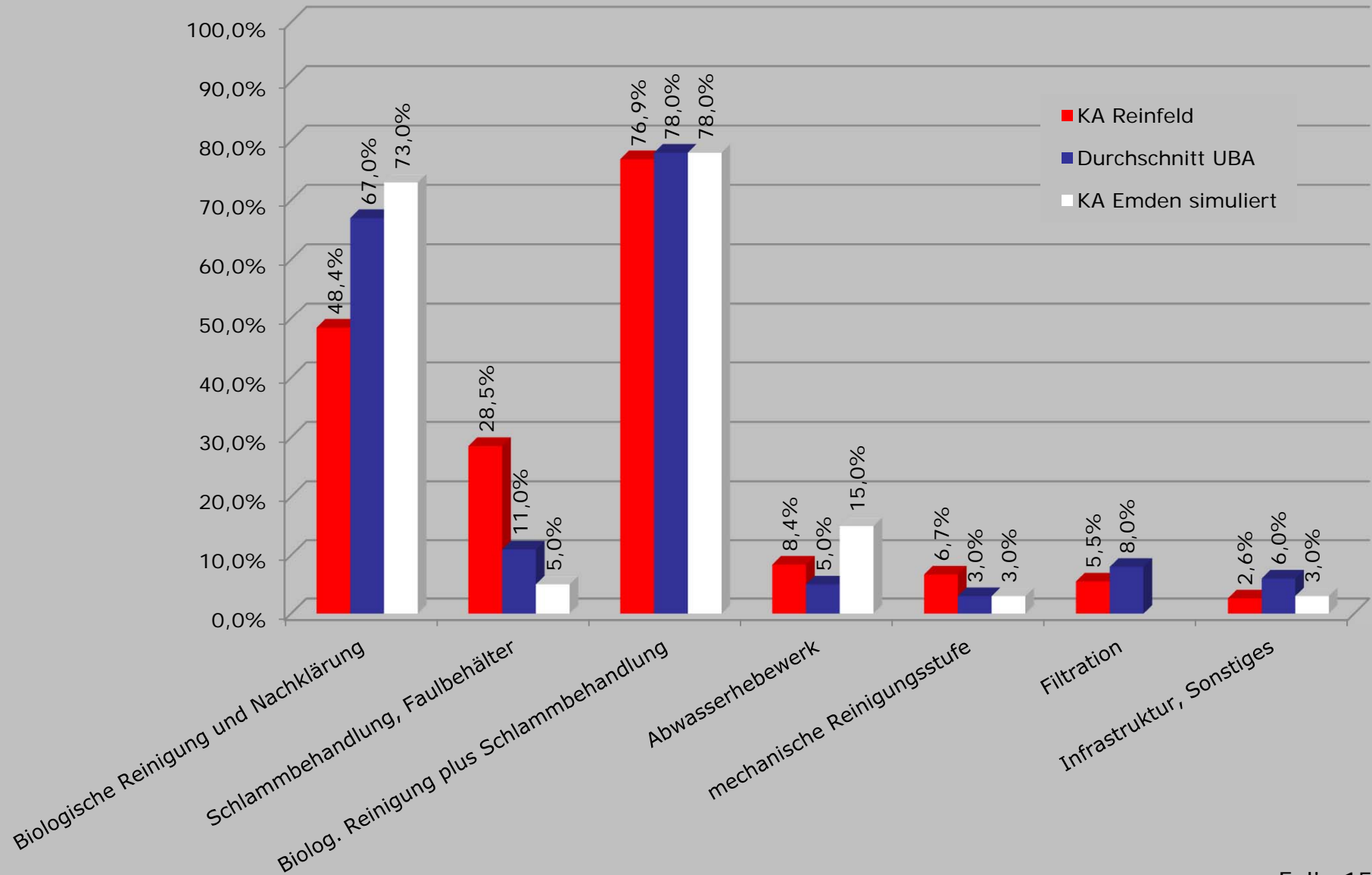
(Umweltbundesamt, 2009)

Bei einem Wirkungsgrad (elektr.) von 23 % wie in Emden nur 182.311 kWh/a

Energieverteilung Verbraucher

2. Ziele des Hauptprojektes

1. Bisherige Arbeiten



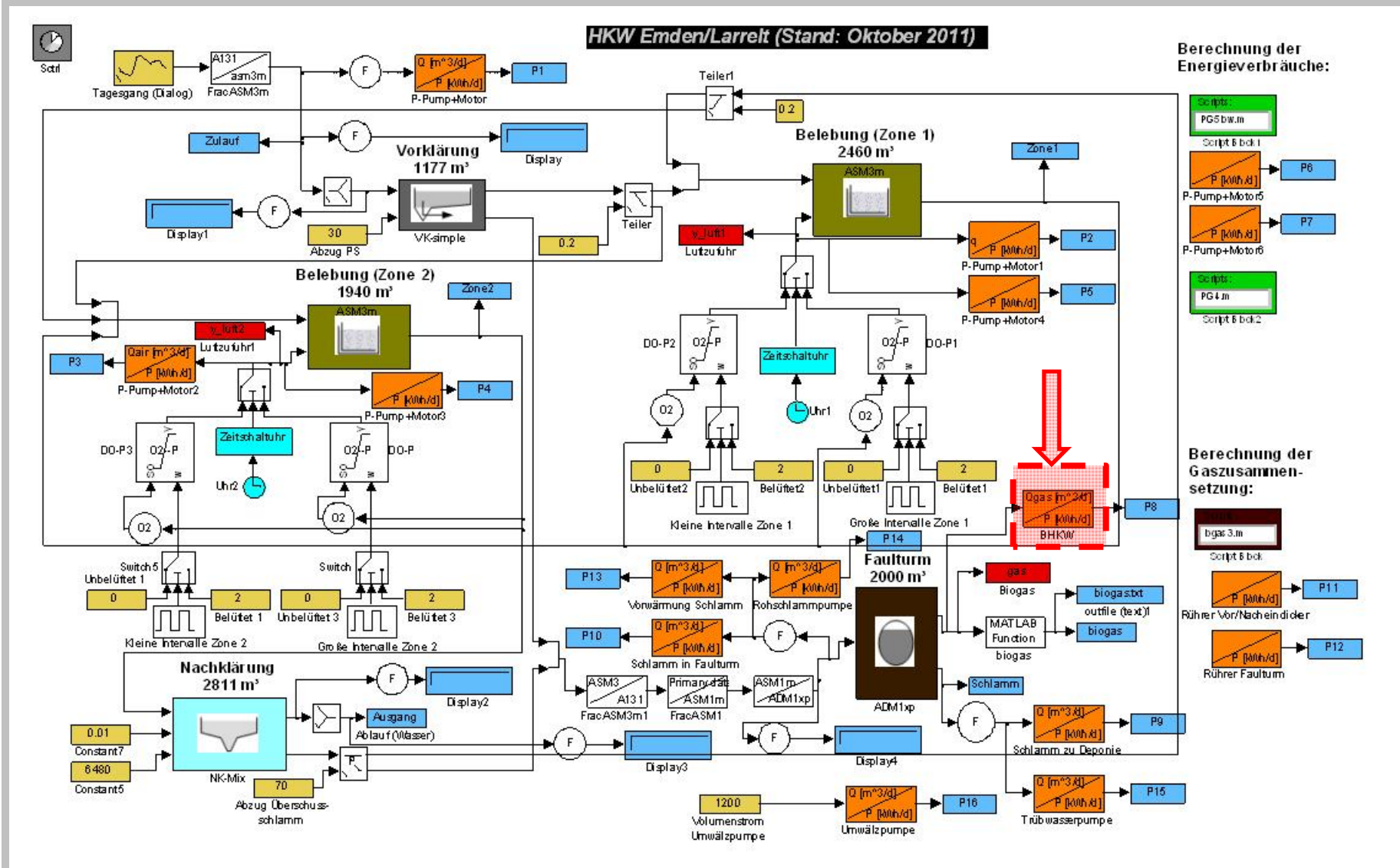
Simulation der Kläranlage Emden

- Simulation der Kläranlage mit Modellansatz ASM3 unter SIMBA[®]5 und 6:
 - Erfassung der online-Daten der Kläranlage Emden
 - Umstellung des vorhandenen SIMBA[®]5-Modells auf SIMBA[®]6
 - Variation der Parameter um bestehende Anlage abbilden zu können
 - Datenermittlung mit Labormessungen (Tagesgang: CSB, NH_4^+ , NO_3^- , O_2)
 - Verifikation des Modells mit eigenen Messungen

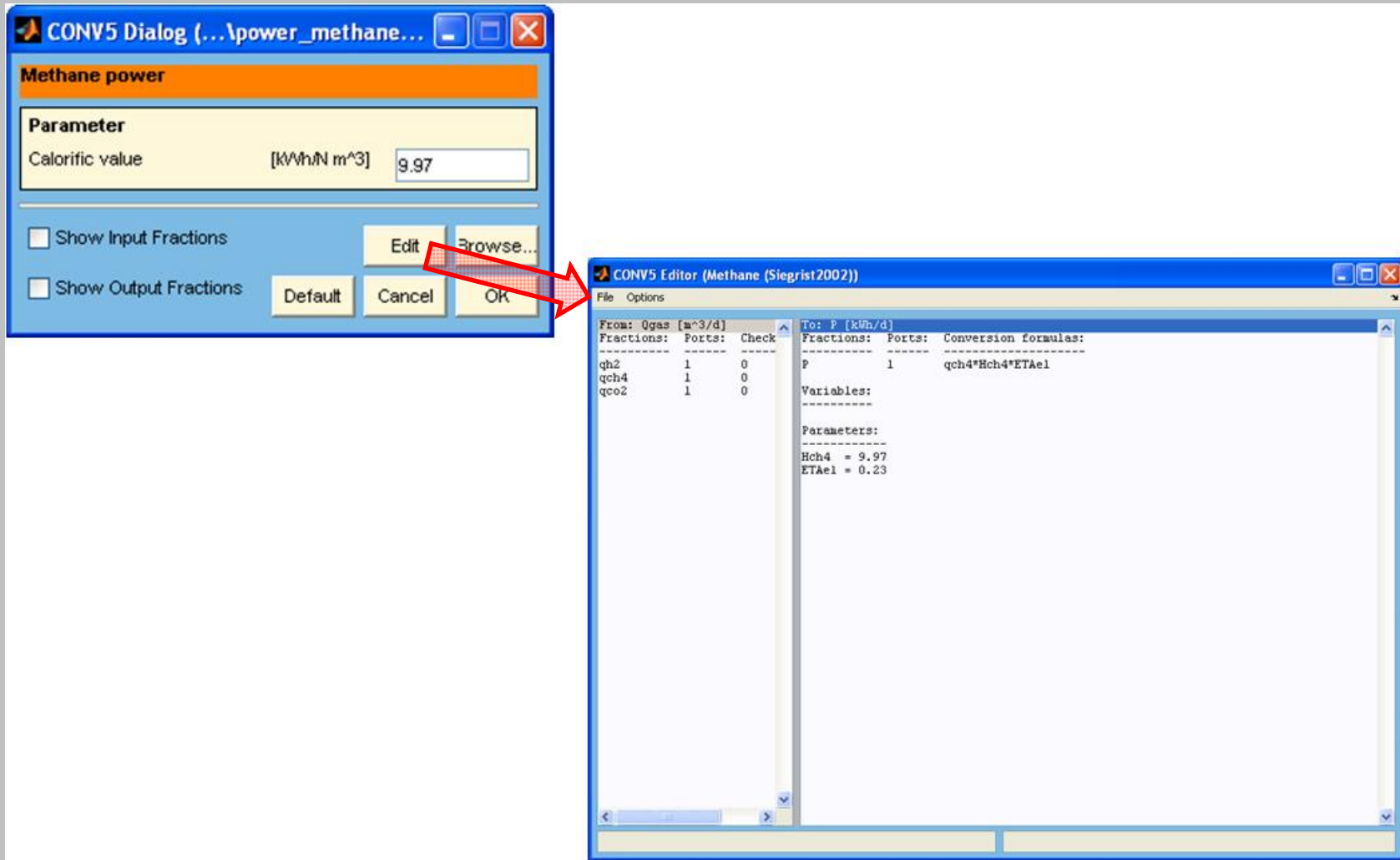
Nachbildung der Belüftung – KA Emden

2. Ziele des Hauptprojektes

1. Bisherige Arbeiten



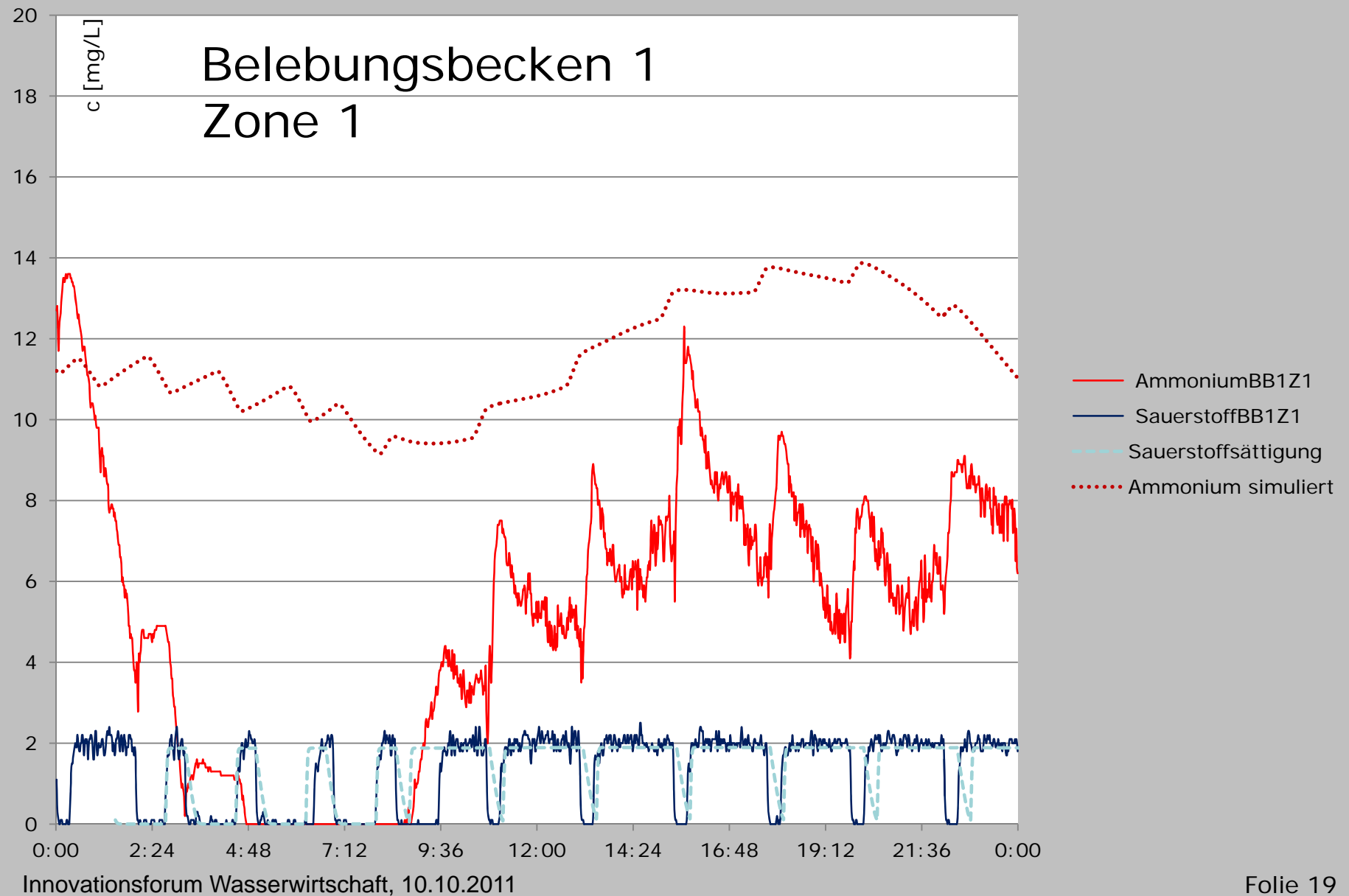
Berechnung der Energie mit Energieblöcken



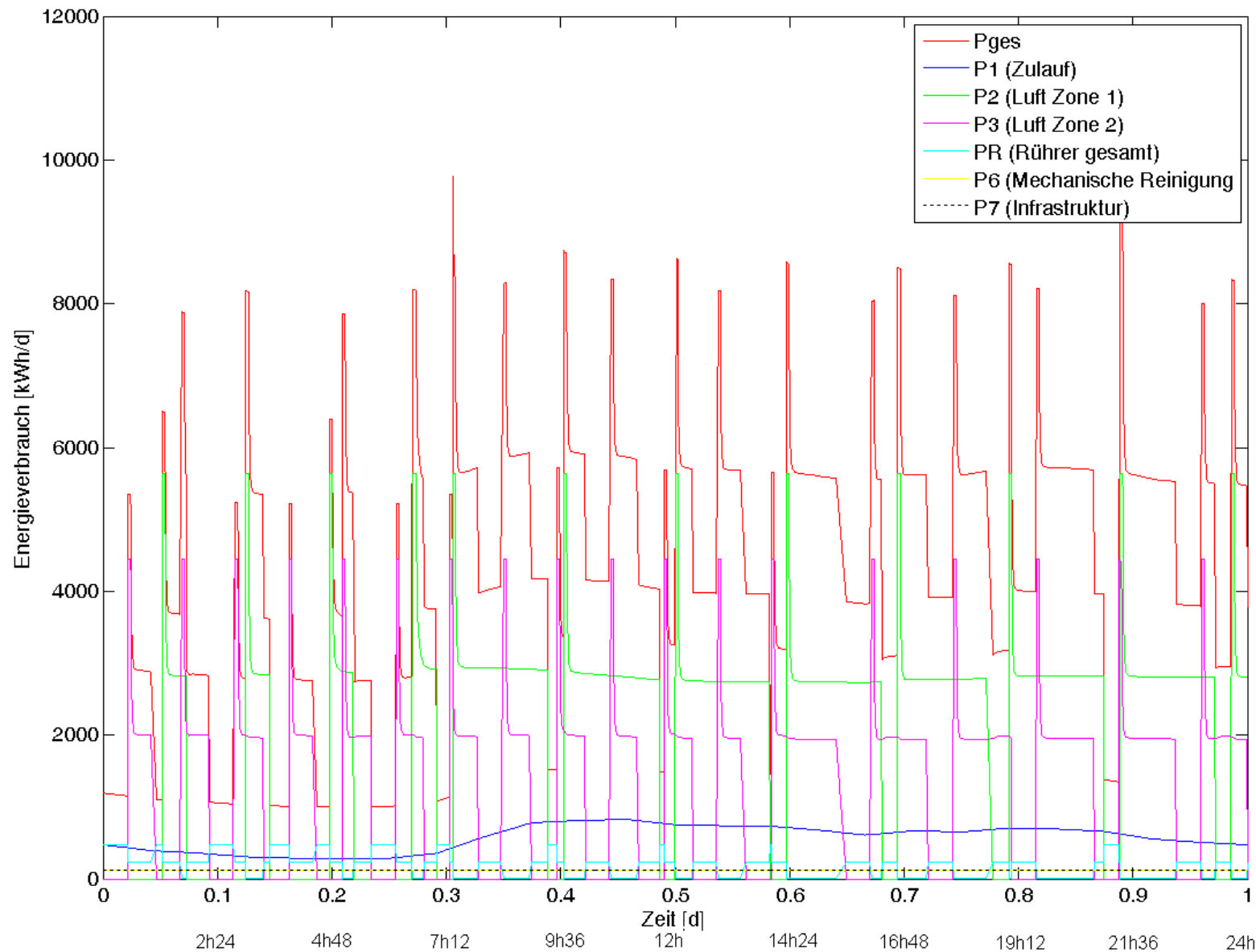
Beispiel: Vergleich Messwerte/Simulation

2. Ziele des Hauptprojektes

1. Bisherige Arbeiten



Berechnung der Energie für KA Emden



Ausblick Hauptprojekt

Ausblick Hauptprojekt

Allgemeine Ziele:

- Verstehen der Prozesse
- Simulation der Prozesse
- Intensivierung der Prozesse
- Energieeinsparung bei der Abwasserbehandlung
- Optimierung der Energiegewinnung bei der Faulung
- Steigerung der Betriebssicherheit

Ausblick Hauptprojekt

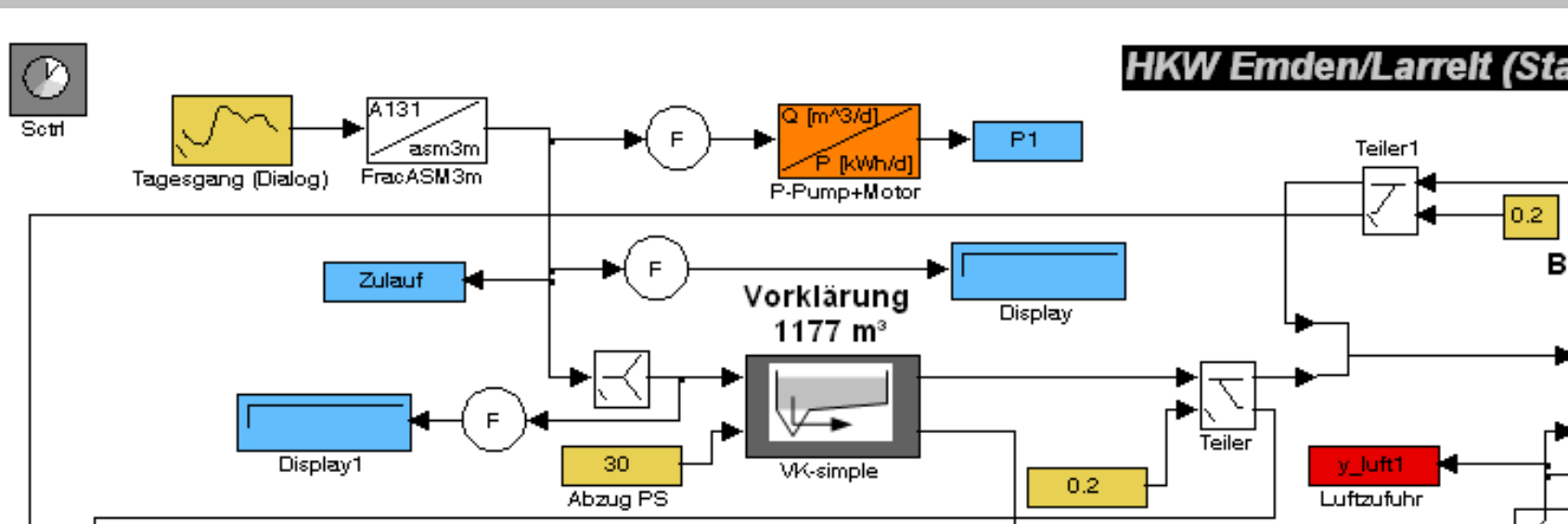
- Auf Basis vorhandener Simulationstools und -untersuchungen soll eine Verknüpfung beider Komponenten erfolgen, um eine Optimierung des Gesamtsystems Kläranlage-/Biogasanlage unter ökonomischen und ökologischen Aspekten zu erreichen.
- Dabei werden insbesondere auch die optimale Reststoffnutzung (fest/flüssig) und die Betriebssicherheit im Fokus der Betrachtungen stehen.
- Das Gesamtkonzept soll zunächst auf der Versuchs- und Ausbildungskläranlage (VAK) Reinfeld getestet werden.
- Anschließend Einsatz auf der kommunalen Kläranlage Emden (*und Reinfeld; Stufe 3*).
- Überprüfung der vorgeschlagenen Änderungen mittels des Sensitivitätsmodells nach F. Vester (weiche Faktoren können in das Wirkungsgefüge eingebunden werden).

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen???

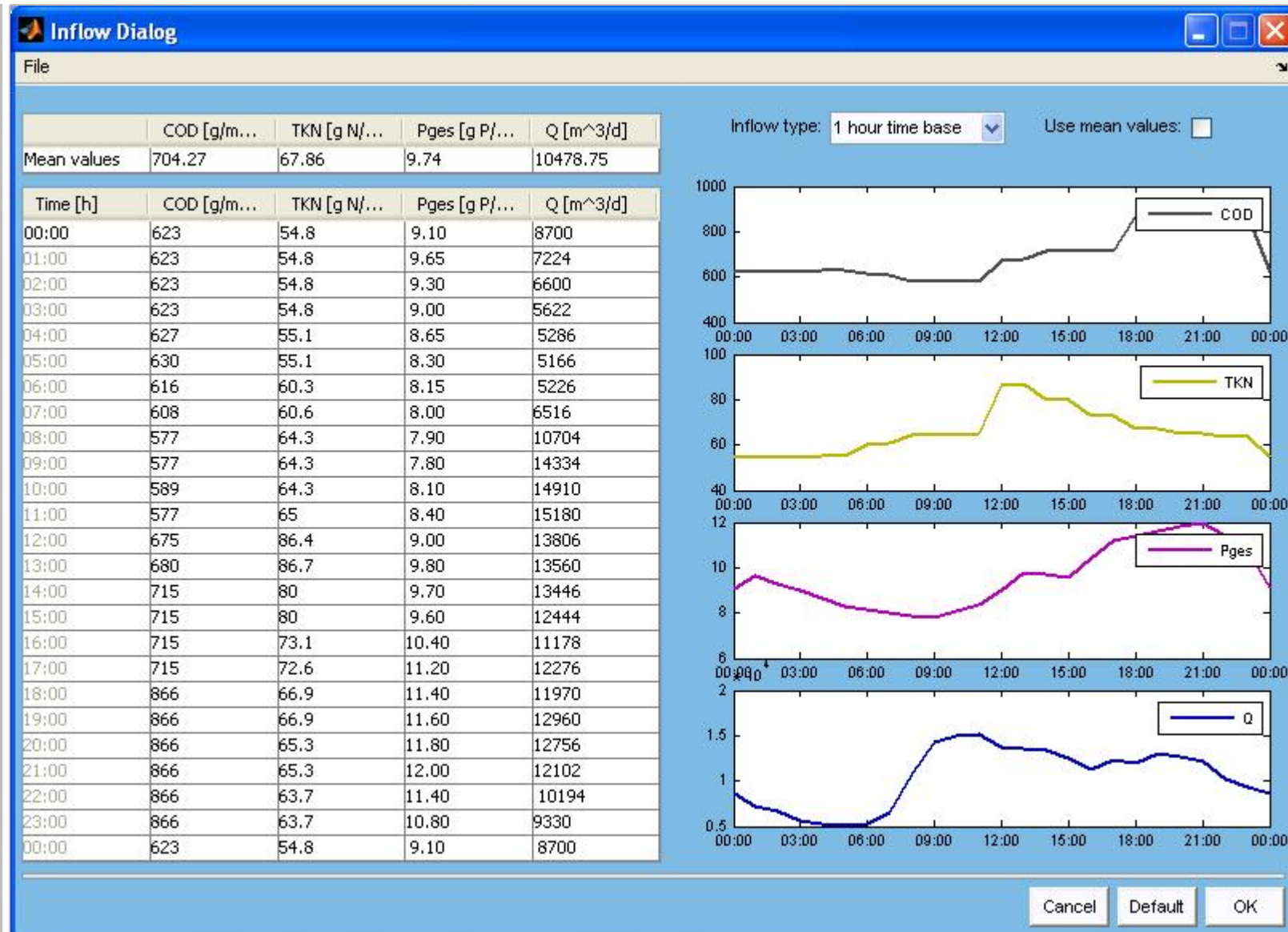


Nachbildung der Belüftung im Modell - KA Emden

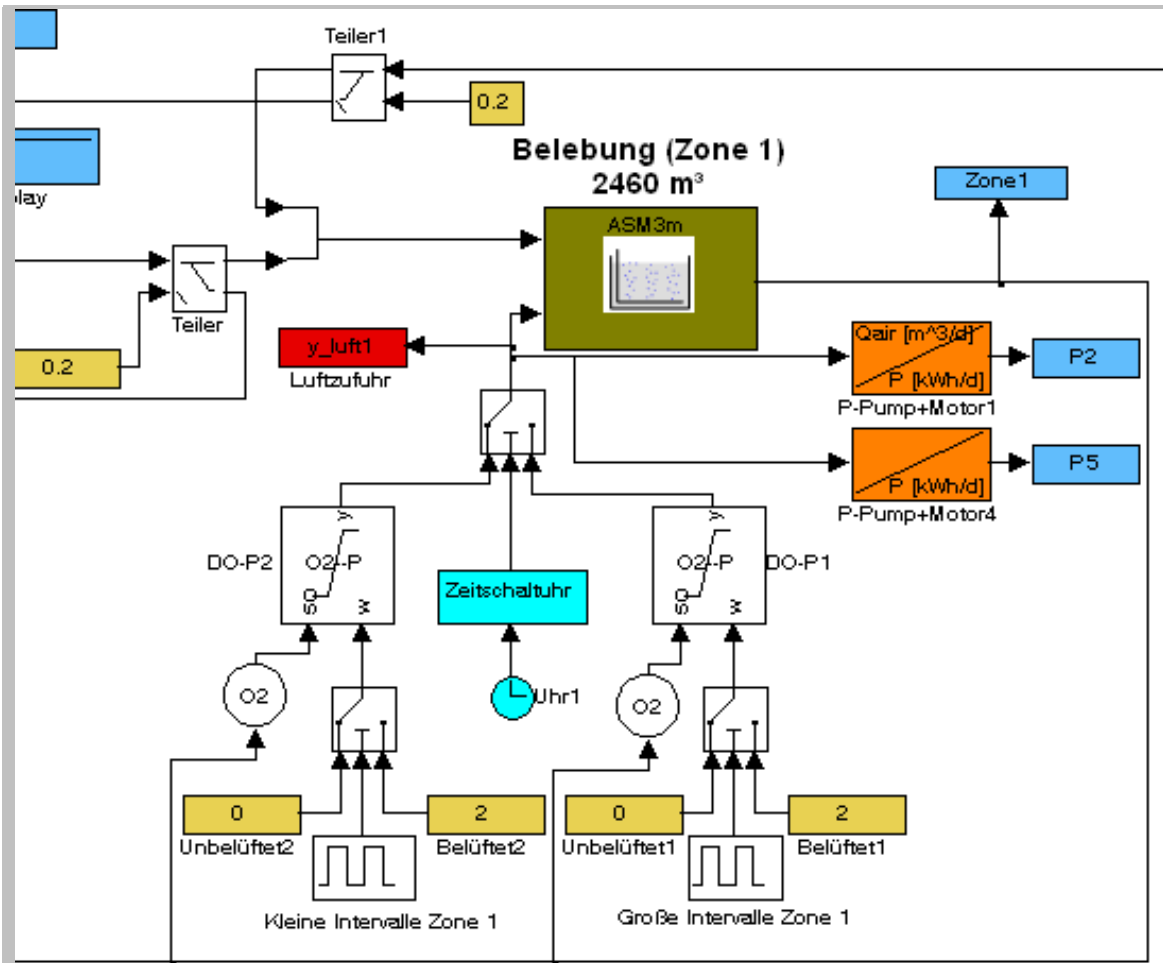


- Tagesgang (Volumenstrom, CSB, TKN)
- Konverter-Block zur Umrechnung in die 13 Datensätze für die Stoffgruppen des ASM3 (Activated Sludge Model No.3) sowie den Volumenstrom
- Energieverbrauch der Pumpen des Hebewerks abhängig vom Tagesgang
- Teiler für 2 identischen Straßen
- Vorklärbecken mit Volumen und täglichen Primärschlamm-Abzug
- Teiler, der 20 % des Abwasserstroms als Kohlenstoff-Quelle in Zone II des Belebungsbeckens leitet, während 80 % des Abwasserstroms in Belebungszone 1 geleitet werden

Nachbildung der Belüftung im Modell - KA Emden



Nachbildung der Belüftung im Modell - KA Emden

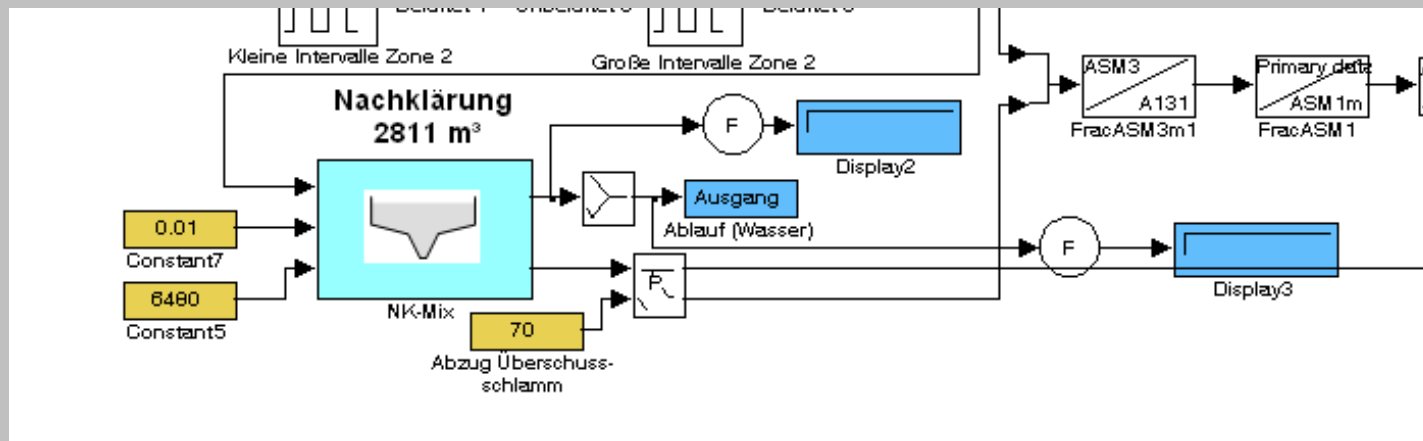


- Belebungszone I mit Volumen
- Zeitschaltuhr: zwei verschiedene Belüftungsintervalle für den oxischen und anoxischen Betrieb in Belebungszone I
- Berechnung (über Ziel-Sauerstoffgehalt der Lösung) der benötigten Luftmenge pro Zeit

Ausgabe:

- Energieverbrauch Gebläse und Rührer
- Konzentrationen aller 13 Stoffgruppen des ASM3-Modells, Volumenstrom
- Übergabe der Werte an Belebungszone II

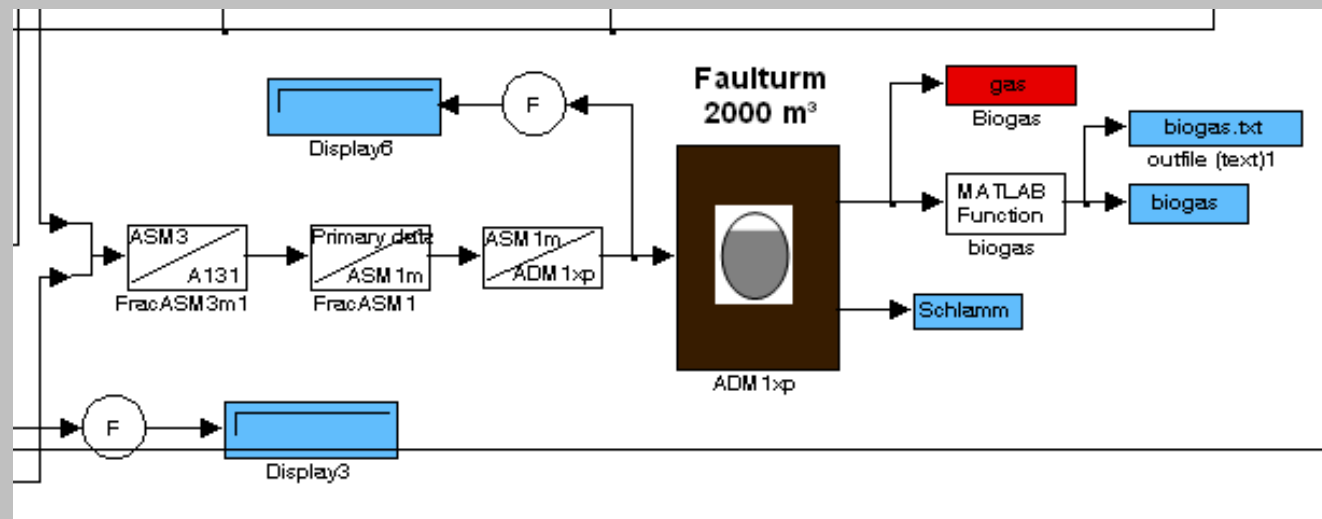
Nachbildung der Belüftung im Modell - KA Emden



Nachklärbecken:

- Absetzen des Klärschlammes und Rückführung als Rücklaufschlamm in Belebungszone I
- Teilstrom von 70 m³/d wird als Überschussschlamm mit Primärschlamm aus der Vorklärung in die Faultürme geleitet.

Nachbildung der Belüftung im Modell - KA Emden

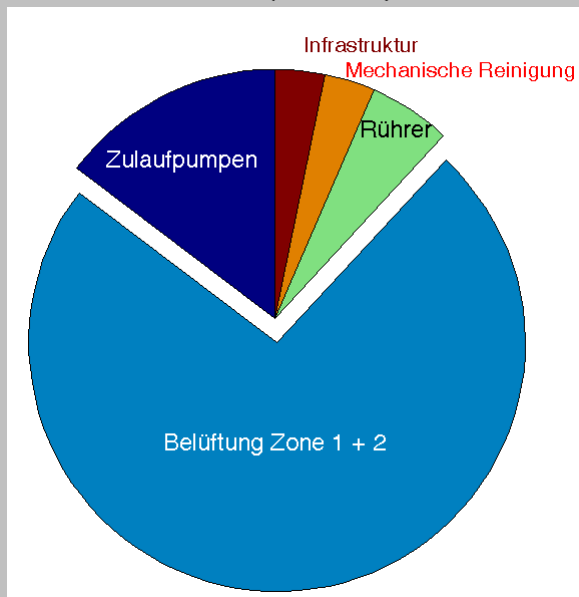
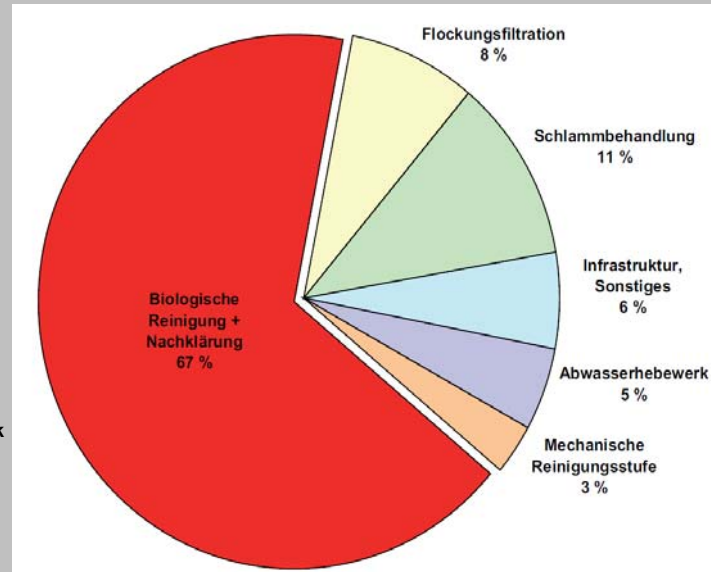
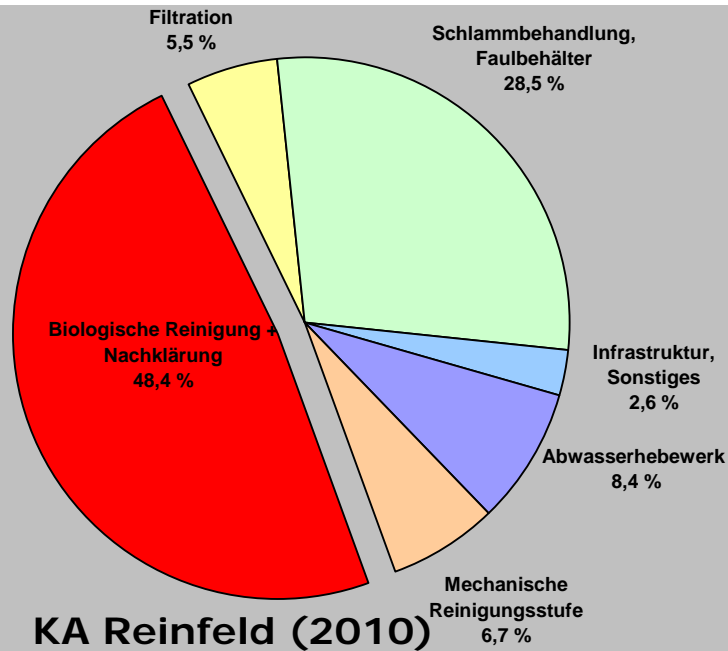


- Konvertierung der Schlamm-Daten von ASM3-Modell zu ASM1-Modell, dann zu ADM1 (Anaerobic Digestion Model No.1) mit insgesamt 33 Stoffgruppen
- Simulation der Umsetzung des Klärschlammes im Faulturm.

Ausgabe:

- Energieverbrauch durch Rührer
- Menge und Zusammensetzung des zu erwartenden Faulgases (CH_4 , CO_2 und H_2)
- Ablaufwerte des Gesamt-Modells

Energieverteilung Verbraucher

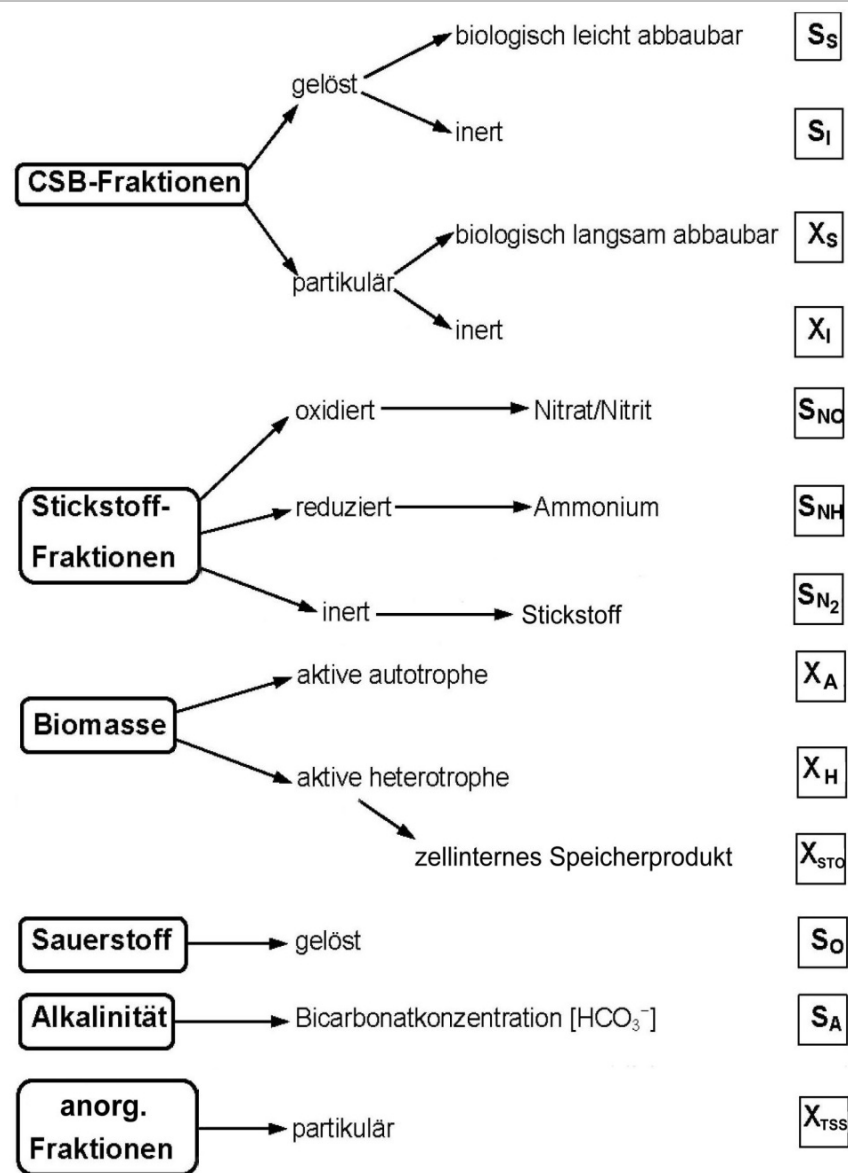


Simulation der KA Emden

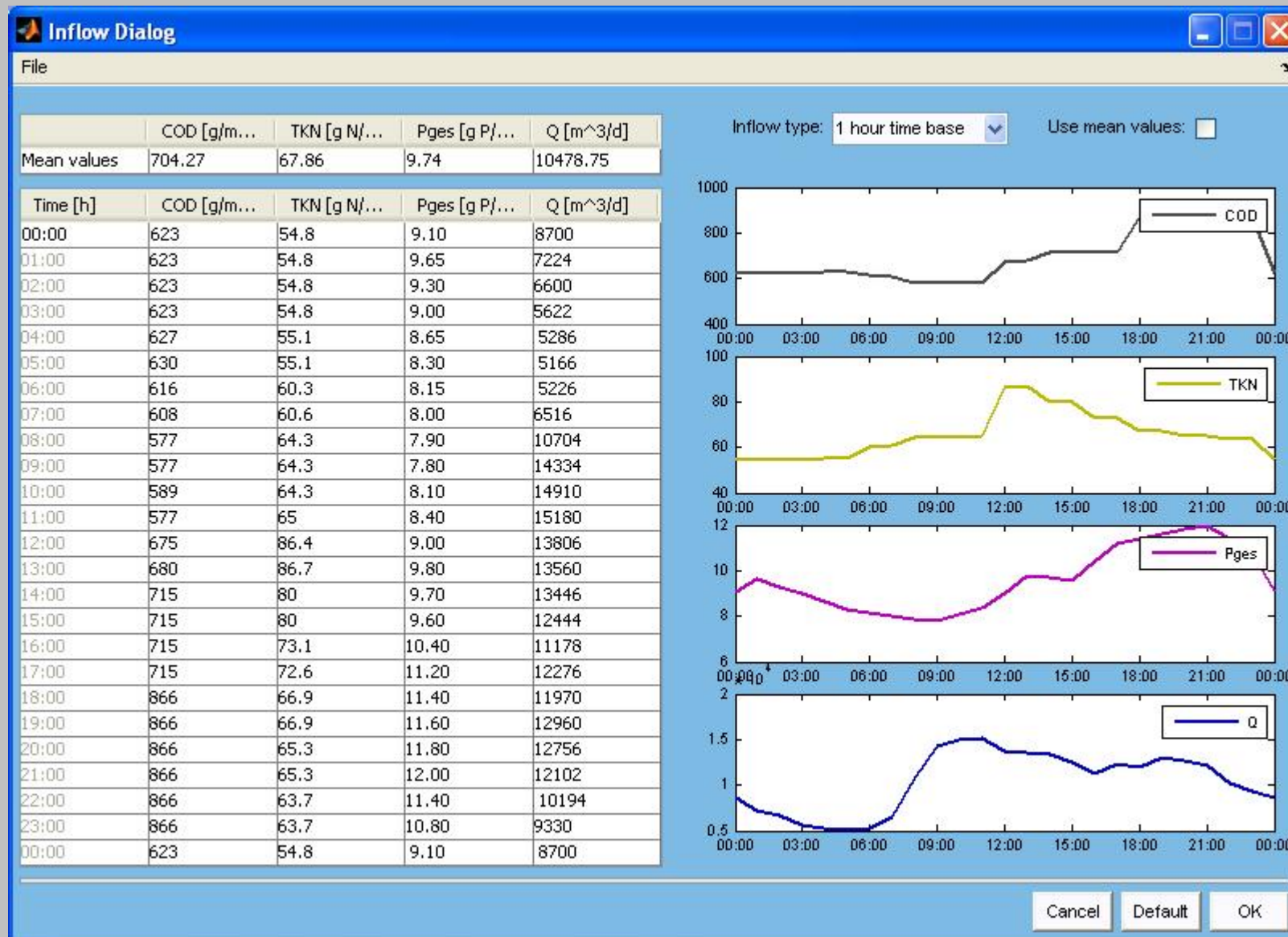
Aufteilung der verschiedenen Energieverbraucher

Zulaufpumpen:	15 %
Belüftung Zone 1 + 2:	73 %
Rührer Belüftung:	5 %
Mechanische Reinigung:	3 %
Infrastruktur:	3 %

13 Fraktionen im Modellansatz ASM3

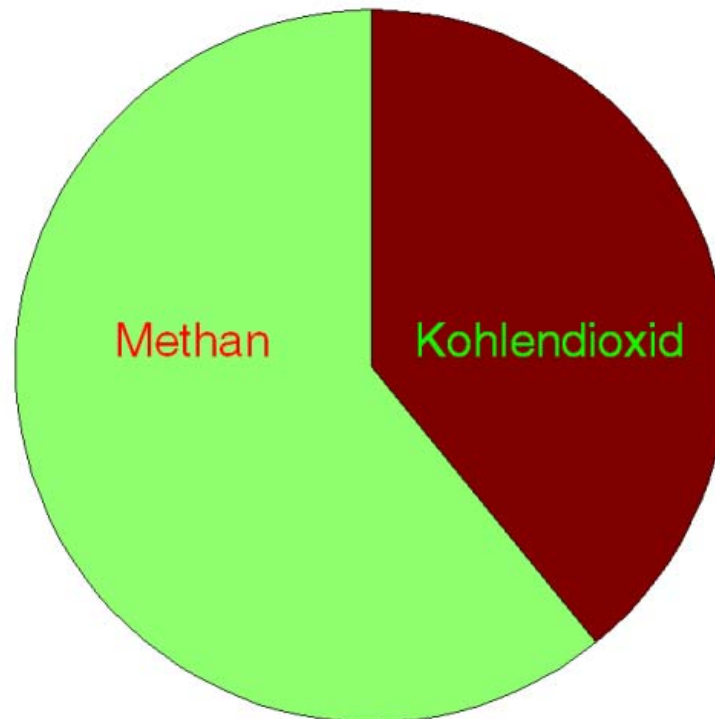


Nachbildung des Tagesgangs im Modell - KA Emden



Biogasproduktion nach Simulation - KA Emden

Aufteilung der verschiedenen Biogaskomponenten

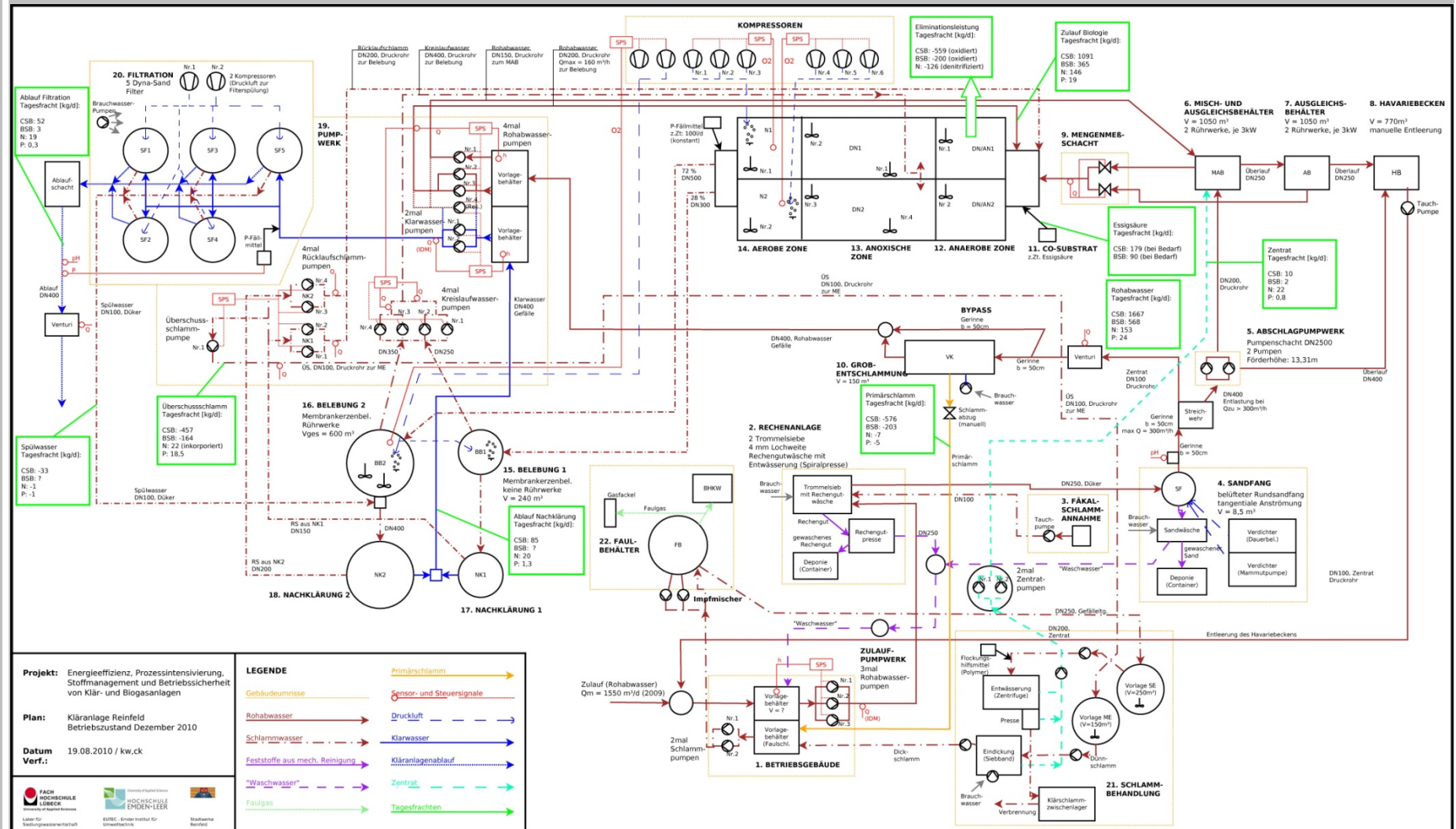


Wasserstoff: 0 %
Methan: 61 %
Kohlendioxid: 39 %

Biogasertrag: 1.484,7849 [m³/d]
= 541.946,486 [m³/a]

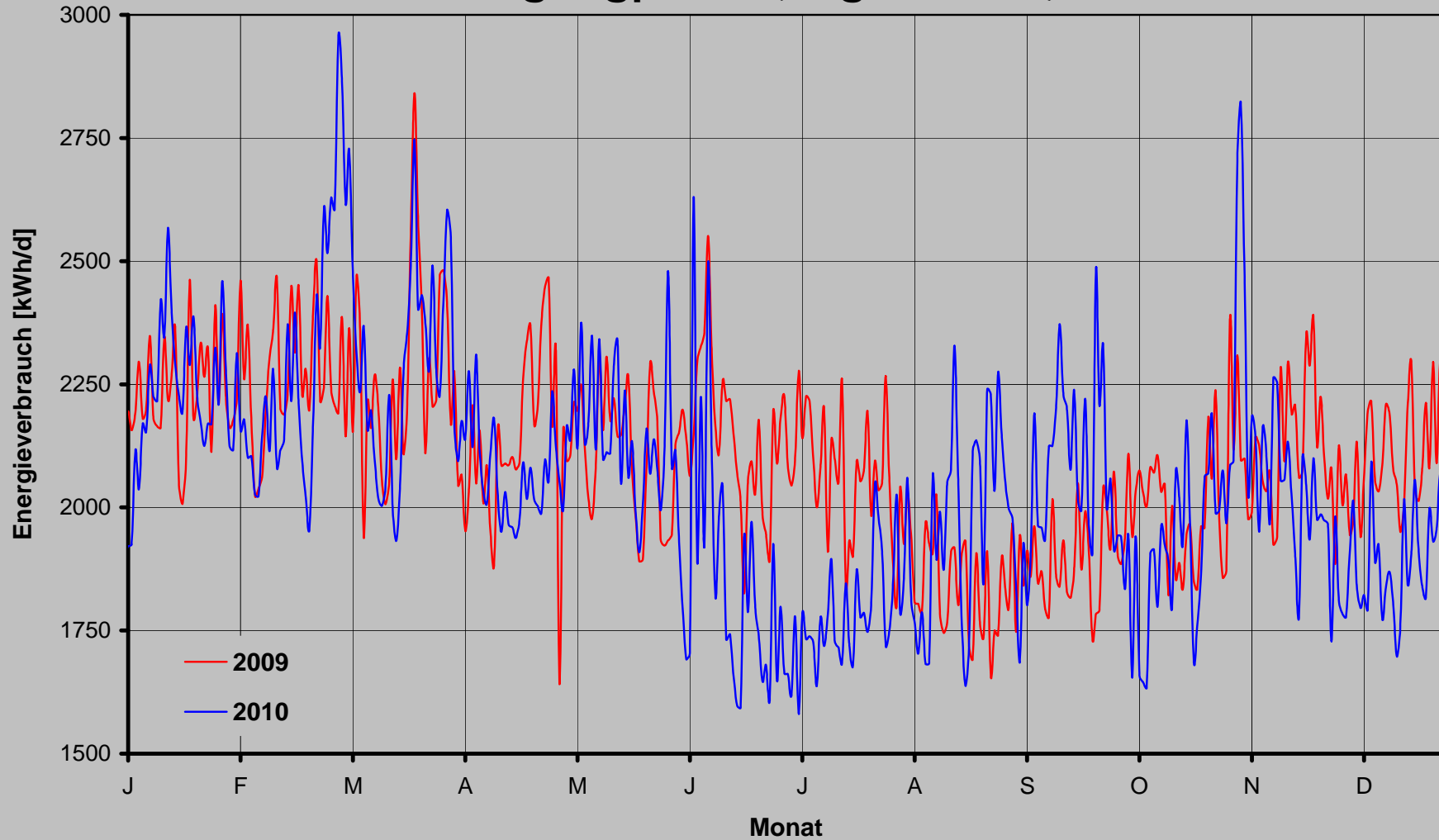
KA Emden:
Klärgas erzeugt in 2010:
564.898 m³

Bestandserfassung – KA Reinfeld



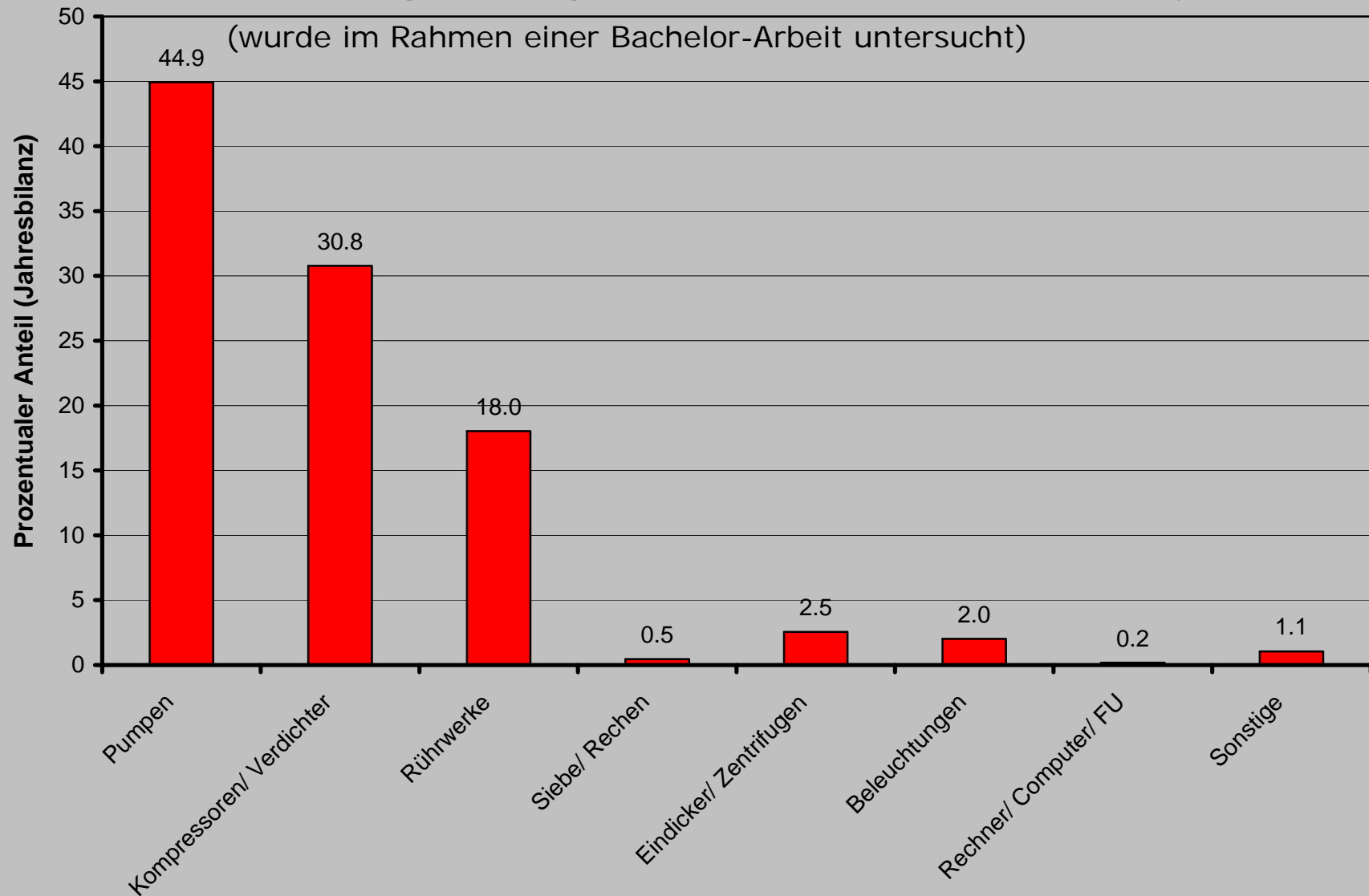
Bestandserfassung – KA Reinfeld

Jahres-Lastgangprofil (Tageswerte)

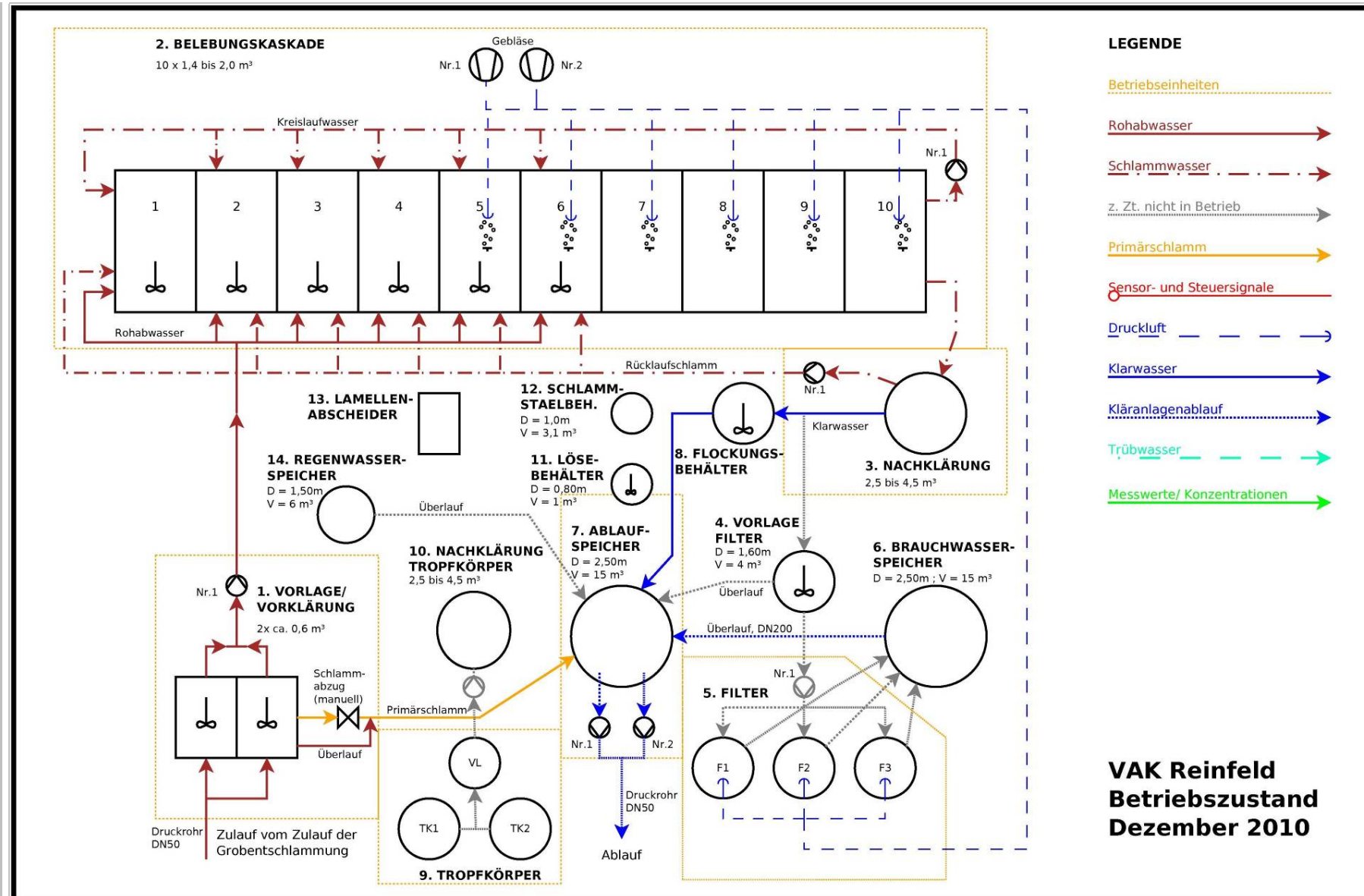


Bestandserfassung – KA Reinfeld

Vorläufige Energiebilanz nach Verbrauchertypen

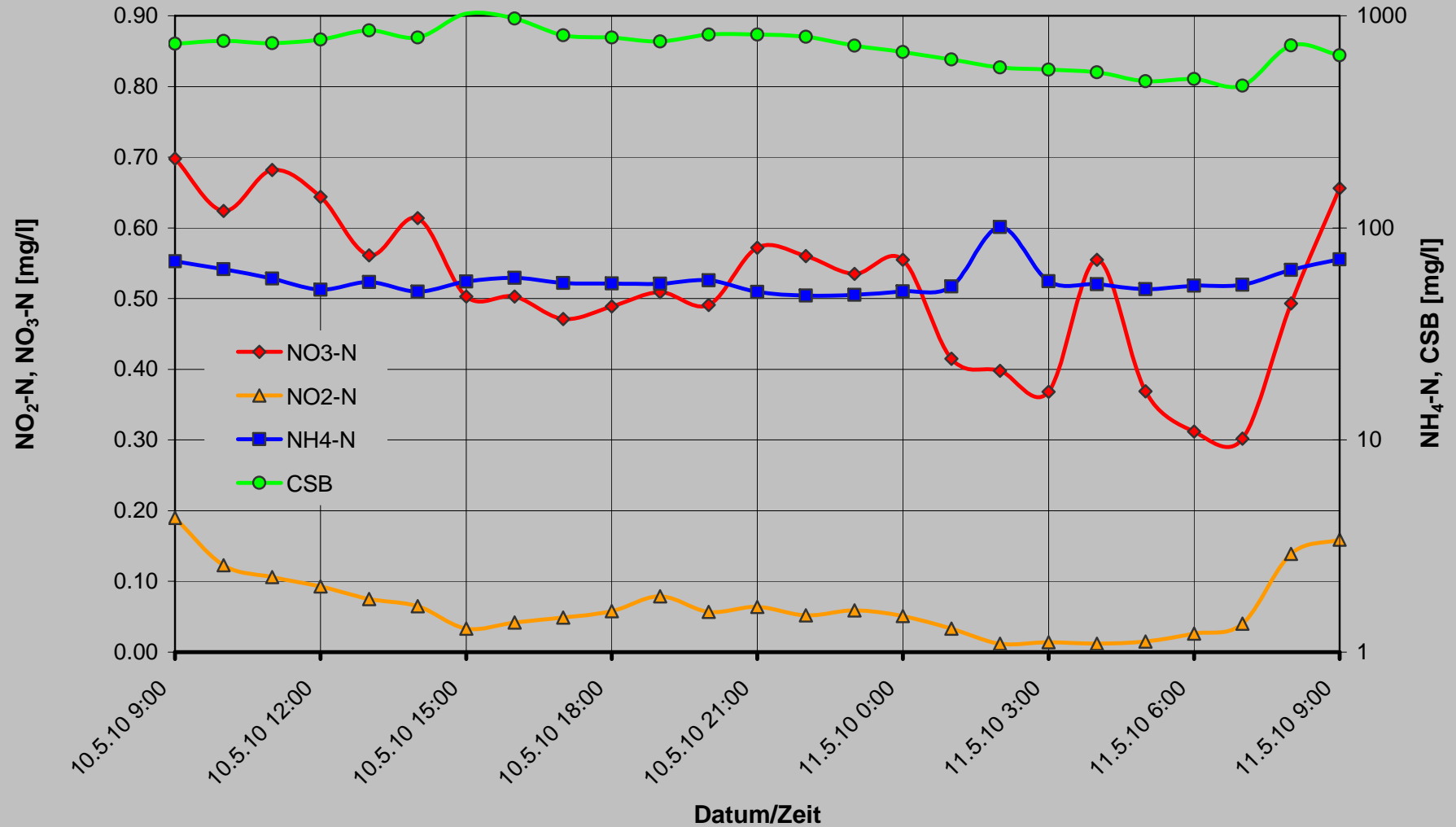


Bestandserfassung – VAK Reinfeld



Bestandserfassung – VAK Reinfeld

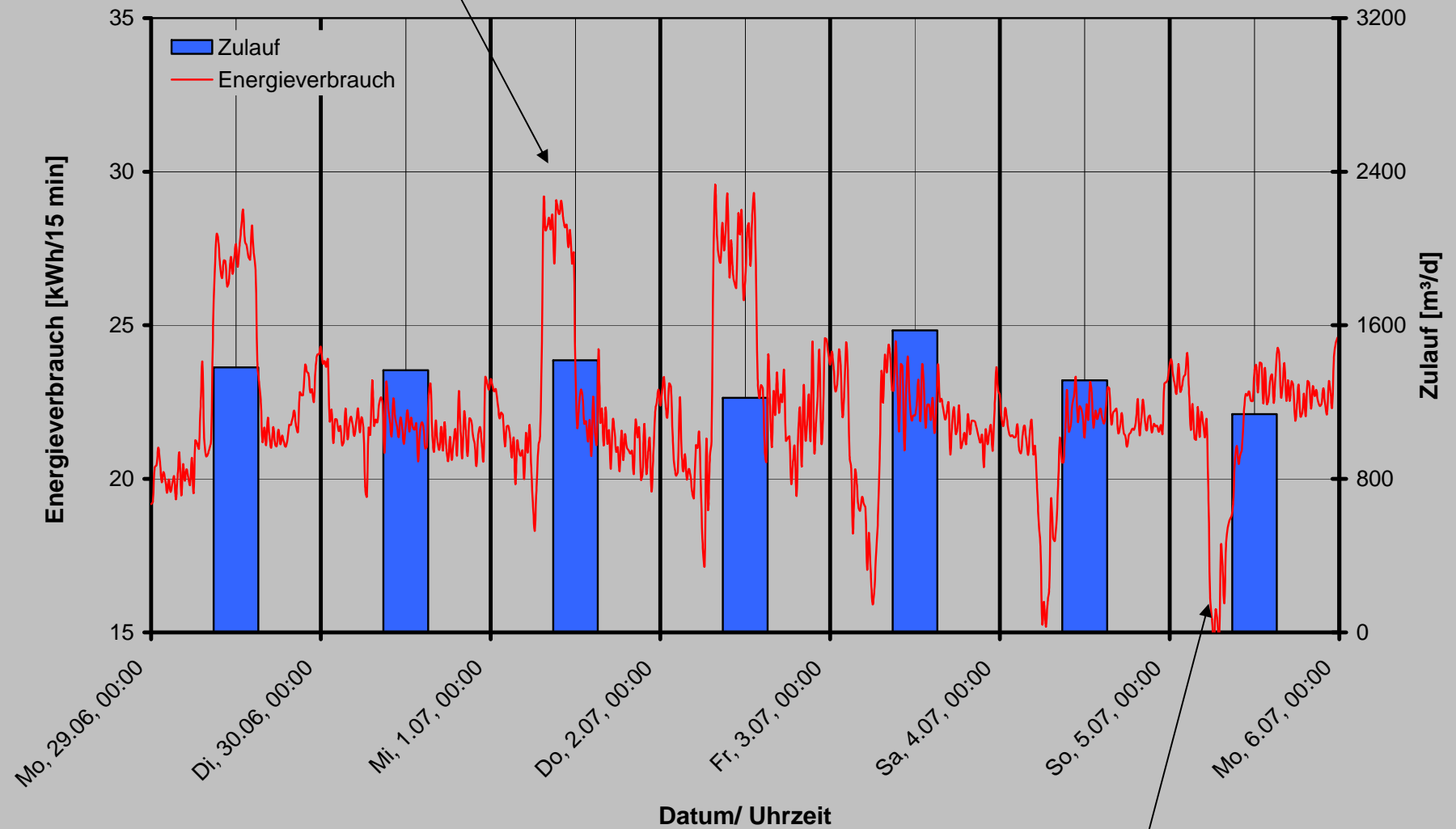
Zulaufkonzentrationen, Tagesgang



Bestandserfassung – KA Reinfeld

mittägliche Verbrauchsspitze (werktags)

Trockenwetterabfluss



nächtliches Verbrauchstief
(v.A. an Wochenenden)