

Zürichsee-Fähre Horgen – Meilen:

Ersatz der Dieselmotoren durch Dampfmaschinen mit Dampfspeicher

Phase 1: Identifizierung einer nachhaltigen Energiequelle, welche zur Dampfproduktion eingesetzt werden kann

SWISS  EXCELLENCE

DLM


Dampflokomotiv- und
Maschinenfabrik DLM AG

n|w Fachhochschule
Nordwestschweiz

Technischer Bericht Nr. D174-1, Phase 1 Dampfquellen
Datum: 18. Juli 2015, ergänzt: 12. November 2015
Verfasser: Dipl.-Ing. ETH Roger Waller
Tel.: +41 52 368 21 01
Email: roger.waller@d1m-ag.ch
Homepage: www.d1m-ag.ch
Auftrag: Bundesamt für Verkehr BAV
Stiftung Swiss Excellence



Dampflok- und
Maschinenfabrik DLM AG

Speicherbetrieb der Zürichseefähren

Zürichsee-Fähre Horgen - Meilen: Ersatz der Dieselmotoren durch Dampfmaschinen und
Dampfspeicher

Phase 1: Identifizierung der Dampfquellen

Verteiler:

- Bundesamt für Verkehr BAV
- Bundesamt für Energie BFE
- Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
- Stiftung Swiss Excellence
- Zürichsee-Fähre Horgen - Meilen AG
- KVA Horgen AG
- Archiv DLM

Stichworte:

- Substitution von Öl im Transport
- Abwärmenutzung
- CO₂-Reduktion
- Energieeffizienz
- Lärminderung
- Eliminierung der Brandgefahr



INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung und Schlussfolgerung	3
1. Ausgangslage	4
2. Eigenheiten des Fährverkehrs	5
2.1 Allgemeine Definition	5
2.2 Flotte der Zürichsee-Fähre Horgen – Meilen AG	5
2.3 Fahrplan der Zürichsee-Fähre Horgen – Meilen AG	6
2.4 Information vor Ort, Mitfahrt am 5. März 2015	6
2.5 Antriebstechnik	8
2.6 Energiebedarf für den Antrieb	9
2.7 Energieverbrauch der Dieselmotoren	9
2.8 Wirkungsgrad	9
3. Dampfbedarf der Dampfmotoren	10
3.1 Antriebskonzept	10
3.2 Betriebskonzept	10
3.3 Energiebedarf mit Dampfmotoren	10
3.4 Dampfverbrauch	11
4. Dampfspeichertechnik	11
4.1 Prinzip	11
4.2 Anwendungen und Potential	11
5. Dampfquellen	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Kehrrichtverwertungsanlage KVA Horgen	12
5.3 Neue Energiezentrale in Horgen	13
5.4 Alternativenergien	13
5.5 Mobile Fernwärme	13
Literatur und Quellen	14
Anhang	14
Anhang I: Fährschiff MS „Schwan“	15
Anhang II: Fährschiff MS „Meilen“	16
Anhang III: Fährschiff MS „Horgen“	17
Anhang IV: Fährschiff MS „Zürisee“	18
Anhang V: Fährschiff MS „Burg“	19
Anhang VI: Neues Fährschiff MS „Meilen“	20
Anhang VII: Sommerfahrplan für Montag - Freitag	21
Anhang VIII: Einsatzplan der Schiffe ab Horgen	22
Anhang X: Antriebsdisposition MS „Schwan“	25
Anhang XI: Leistungsmessungen mit MS „Zürisee“	26
Anhang XII: Grafische Darstellung des Drehmomentverlaufs der MS „Zürisee“	28
Anhang XIII: Beispiel eines mobilen Dampfcontainers	29

Anhang XIX: Email KVA Horgen mit Preisangebot	30
Anhang XX: Aktuelle Energiebilanz der KVA Horgen	31

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Idee, die fünf Zürichsee-Fähren Meilen - Horgen mit Speicherdampf zu betreiben, wurde erstmals in der BFE-Studie **Dampfspeicherfahrzeuge: Ersatz von Elektro- und Dieselfahrzeugen** vorgestellt (Projekt-Nr. 290 878). Es liessen sich mehr als 1.4 Mio. Liter Dieselöl substituieren und rund 2'600 Tonnen CO₂ einsparen. Der Speicherdampfbetrieb der Fähren ist abgas- und abdampffrei. Die bei Dieselmotorbetrieb notwendige teure Abgasnachbehandlung mit Partikelfilter und Harnstoff-Katalysatoren entfällt ersatzlos, Lärm und Vibrationen werden reduziert, vom Antrieb geht keine Brandgefahr mehr aus.

Im Rahmen der *Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr* erteilte das Bundesamt für Verkehr BAV grünes Licht für eine Detailstudie, die aufzeigen soll, ob und wie ein Betrieb mit Speichertechnik und Dampfmaschinen konkret realisiert werden könnte. In der Phase 1 sollen eine oder mehrere nachhaltige Energiequellen identifiziert werden, welche für die Dampfproduktion eingesetzt werden können.

Als Erstes musste der Dampfbedarf für den Fährbetrieb ermittelt werden. **Die für eine Hin- und Rückfahrt pro Fährschiff benötigte Dampfmenge wurde mit rund 800 kg berechnet.** Beim dichtesten 6-Minuten-Takt ergibt dies einen Dampfbedarf von 8 t/h. Bei maximalem Verkehr von 111 Kursen pro Tag ab Horgen resultiert ein Dampfbedarf von rund 90 t/h. Gemittelt über 24 Stunden ergibt dies einen **totalen Dampfbedarf von rund 4 t/h**, wozu eine ausgleichende Zwischenspeicherung notwendig ist.

Die nächstliegende geeignete Dampfanlage ist die **Kehrichtverwertungsanlage (KVA) in Horgen**, die nach der kürzlich erfolgten Stilllegung der Ofenlinie 1 und Erneuerung der Ofenlinie 2 rund **18 t Dampf pro Stunde** (29 bar, 380°C) liefern kann. Der Fährbetrieb würde also nur rund einen Viertel dieser Kapazität beanspruchen. Für den Dampftransport wäre eine **Fernwärmeleitung** zum Autoquai notwendig. Bei direkter Führung beträgt die Länge rund 1.5 km, bei der einfacher zu realisierenden Route via Kniebrechtobel und entlang der Bahnlinie knapp 2.5 km, für Fernwärmeleitungen eine übliche Distanz. Weil nur noch eine Ofenlinie in Betrieb ist, kann die KVA Horgen den Dampf nicht mehr ganzjährig liefern. Als Ergänzung oder Alternative zum Dampf der KVA kann für die Zeit der Revision oder im Störfall ein **mobiler Dampfcontainer** temporär gemietet oder permanent installiert werden. Als Brennstoffe kommen beispielsweise Erdgas oder Holzhackschnitzel in Frage.

Technisch machbar wäre auch der Wärmetransport per Bahn, beispielsweise ab einem Stahlwerk, dessen Abwärme derzeit ungenutzt ins Freie verpufft.

Welche der Varianten am wirtschaftlichsten ist, wird im Teil 3 untersucht. Der mobile Dampfcontainer hat so oder so den Vorteil, dass sich damit das **Projekt etappenweise realisieren** lässt und der Fährbetrieb nicht auf Gedeih und Verderb von der KVA Horgen abhängig wäre.

Mit der Identifizierung von mehreren nachhaltigen Energiequellen für die Dampfversorgung des Fährbetriebs konnte die Phase 1 erfolgreich abgeschlossen werden.

1. Ausgangslage

Im Rahmen einer umfassenden Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE wurde das Potential der Speichertechnik für den Werk- und Nahverkehr abgeklärt [1], [2]. Nebst der naheliegenden und auch heute gebräuchlichen Anwendung von Speicherdampflokomotiven im Rangierbetrieb von Werk- und Industriebahnen [3], kristallisierten sich die Fähren als neues, besonders geeignetes Anwendungsgebiet heraus. Diese Studie untersucht die Machbarkeit dieser Anwendung anhand des Zürichsee-Fährbetriebs Meilen - Horgen.

Im ersten Teil der Studie (**Phase 1**) wird untersucht, woher der für den Speicherbetrieb benötigte Dampf bezogen werden kann. In erster Linie bietet sich die Kehrlichtverwertungsanlage (KVA) Horgen an, die wie andere KVA einen beträchtlichen Wärmeüberschuss erzielt. Im Weiteren werden auch andere Energiequellen als Alternativen untersucht.

Bei positivem Resultat der Phase 1 wird in der **Phase 2** die technische Machbarkeit des Dampfspeicherantriebs für die Zürichsee-Fähren in Bezug auf den Fährantrieb und die Betankung untersucht.

Phase 3 untersucht die Wirtschaftlichkeit des Speicherbetriebs im Vergleich zum heutigen Fährbetrieb mit Dieselmotoren.

2. Eigenheiten des Fährverkehrs

2.1 Allgemeine Definition

Fähren sind Wasserfahrzeuge zum Transportieren von Personen oder Tieren mit oder ohne Strassen- oder Schienenfahrzeuge über einen Fluss, einen See oder eine kürzere Meeresstrecke. In der Regel handelt es sich um regelmässigen Linienverkehr mit Anlegestellen an beiden Ufern.

Der Fährbetrieb ist wie folgt geprägt:

- Bereitstellen der Fähre an der Ladestation
- Beladen der Fähre mit den Fahrzeugen und den Fahrgästen
- Ablegen und Fahrt zur Anlegestelle am anderen Ufer
- Entladen der Fähre mit den Fahrzeugen und den Fahrgästen
- Erneutes Beladen der Fähre mit den Fahrzeugen und den Fahrgästen usw.

Dieser Zyklus wiederholt sich gemäss Fahrplan bis zum Betriebsschluss und startet am nächsten Tag wieder von vorne.

Für diese Machbarkeitsstudie wird der Fährbetrieb der Zürichsee-Fähre Horgen – Meilen AG betrachtet.

2.2 Flotte der Zürichsee-Fähre Horgen – Meilen AG

Die Zürichsee-Fähre Horgen – Meilen AG www.faehre.ch betreibt ganzjährig einen Fährbetrieb über den Zürichsee von Meilen nach Horgen und zurück. Sie besitzt fünf Autofähren, die im Anhang beschrieben und abgebildet sind [5]:

- | | |
|------------------------|--------------|
| • Fährschiff „Schwan“ | > Anhang I |
| • Fährschiff „Meilen“ | > Anhang II |
| • Fährschiff „Horgen“ | > Anhang III |
| • Fährschiff „Zürisee“ | > Anhang IV |
| • Fährschiff „Burg“ | > Anhang V |

Ein sechstes Fährschiff wurde 2015 bestellt und soll im September 2017 in Betrieb genommen werden. Sie wird mit gleichem Namen die bisherige „Meilen“ ersetzen [5] .

Alle Zürichseefährschiffe sind sogenannte Doppelendfähren [7]:

Bei Doppelendfähren sind Bug und Heck symmetrisch gebaut, so dass die Fähre gleich gut vorwärts wie rückwärts fahren kann und in beide Fahrtrichtungen die gleiche Manövrierfähigkeit besteht. Sinn einer Doppelendfähre ist, dass die Wendemanöver in oder vor den Häfen entfallen, was auf den gewöhnlich kurzen Fährstrecken Zeit und Treibstoff einspart. Außerdem werden die An- und Ablegemanöver sowie die Beladung mit Kraftfahrzeugen dadurch deutlich vereinfacht.

Wie aus den technischen Daten im Anhang ersichtlich ist, unterscheiden sich die Fähren nicht grundlegend. Das neue Fährschiff soll eine strömungsoptimierte Schale erhalten und daher nach den Berechnungen etwas weniger Brennstoff verbrauchen. Weil der Nachweis in der Praxis noch fehlt, basieren wir unsere Auslegung auf der vorhandenen Flotte und liegen so auf der sicheren Seite.

2.3 Fahrplan der Zürichsee-Fähre Horgen – Meilen AG

Der Fahrplan [5] ist extrem nachfrageorientiert und daher recht komplex. Es gibt je drei Sommer- und Winterfahrpläne für jeweils Montag bis Freitag, Samstag und Sonntag. Je nach Tageszeit fahren die Fähren im 15-, 10-, 7.5- oder 6-Minutentakt. Zusätzliche Flexibilität bezüglich Kapazität wird erreicht, indem bei grosser Nachfrage die Taktzeiten auf die nächst kürzeren Intervallen reduziert werden. Anstelle des fahrplanmässigen 10-Minuten-Taktes wird dann ein 7.5-Minuten-Takt, anstelle des 7.5-Minuten-Taktes ein 6-Minuten-Takt gefahren.

Bei allen Fahrplanvarianten sind die Betriebszeiten einheitlich von 6:00 bis 22:00.

Für die Berechnung der Speicherfähren legen wir den anspruchvollsten Fahrplan zugrunde, also den werktäglichen Sommerfahrplan mit verdichteten Takten. Die diesbezüglichen Fahrpläne und Einsatzpläne der Fährschiffe sind in den Anhängen VII und VIII zusammengestellt.

2.4 Information vor Ort, Mitfahrt am 5. März 2015

Um uns selber ein Bild des Fährbetriebs zu machen, fuhren Frau Martha Ptok der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW und Herr Roger Waller der Dampflokomotiv- und Maschinenfabrik DLM AG am Donnerstag, den 5. März 2015 auf den Fähren mit. Herr Adrian Meier, Leiter Technik der Zürichsee-Fähren, zeigte uns die Anlegestellen, die Sicherung der Fähren, den Entlade- und Ladevorgang, den Maschinenraum, das Steuerhaus und den Betriebsablauf. Zudem beantwortete er unsere Fragen und sandte uns am 6. März zusätzliche technische und betriebliche Unterlagen [6]. Diese Unterlagen dienten den Berechnungen der Leistung und des Energieverbrauchs in den folgenden Kapiteln.

Im Gegensatz zum komplexen Fahrplan ist der Betriebsablauf der einzelnen Fährschiffe einfach und zyklisch:

2.4.1 Bereitstellen des Fährschiffs in Horgen

Die fünf Fährschiffe sind in Horgen stationiert, wo es zwei Autostege mit Laderampen und drei Nachtliegeplätze hat. Jene Fährschiffe, die an einem Nachtliegeplatz stationiert sind, müssen zuerst leer zu einem der Autostege fahren. Weil die Nachtliegeplätze unmittelbar neben den Autostegen liegen, sind die Leerfahrten mit ca. 100 bis 200 m optimal kurz.

In Meilen gibt es ebenfalls zwei Autostege mit Laderampen, jedoch keine Nachtliegeplätze.

Nach dem Anfahren an den Autosteg wird das Fährschiff ladeseitig mit einem Stahlseil gesichert und entladeseitig mit Seil festgezurt, siehe Fotos 1 bis 3 auf der folgenden Seite.

Auf der ersten Fahrt fuhren wir mit dem Fährschiff MS „Meilen“:

15:28: Motorenstart beim Nachtliegeplatz

15:30: Motoren auf Kursdrehzahl

15:31: Leerfahrt zum Autosteg

15:32: Anlegen am Autosteg, Motoren bleiben in Betrieb und schieben die Fähre dauernd an den Autosteg



Bilder 1 bis 3: Sicherungen und Verladerampe in Horgen. Fotos: Roger Waller

2.4.2 Laden der Fahrzeuge und Fahrgäste in Horgen

Weil das Fährschiff vom Nachtliegeplatz her leer bereitgestellt wurde, entfiel das Entladen und es stand mehr Zeit für das Beladen zur Verfügung. Normalerweise erfolgt das Entladen und Laden der Fahrzeuge und der Fahrgäste in nur fünf Minuten.

2.4.3 Ablegen und Fahrt über den See nach Meilen

15:45: Abfahrt nach Meilen, konstante Fahrt mit ca. 20 km/h. Motor 1 schiebt, Motor 2 zieht

15:54: Motoren werden auf Leerlaufdrehzahl zurückgenommen

15:55: Bremsen mit ca. 20 bis 30% Motorenleistung

15:56: Anlegen am Autosteg in Meilen

2.4.4 Entladen und Laden der Fahrzeuge und Fahrgäste in Meilen

An diesem Tag war das Verkehrsaufkommen zu dieser Tageszeit mässig, sodass das Auswechseln der Fahrzeuge und Fahrgäste in vier Minuten erledigt war.

2.4.5 Ablegen und Fahrt über den See nach Horgen

16:00: Abfahrt nach Horgen, konstante Fahrt mit ca. 20 km/h. Motor 1 zieht, Motor 2 schiebt

16:09: Motoren werden kurz auf Leerlaufdrehzahl zurückgenommen, anschliessend Bremsen mit ca. 20 bis 30% Motorenleistung

16:10: Anlegen am Autosteg in Horgen, Entladen der Fahrgäste und Fahrzeuge

2.4.6 Wiederholen der Zyklen 2.4.2 bis 2.4.5 gemäss Fahrplan

2.4.7 Wegstellen des Fährschiffs in Horgen

Drei der fünf Fährschiffe müssen nach getaner Arbeit noch zu den Nachtliegeplätzen gefahren werden, die anderen bleiben nach Betriebsschluss an den beiden Autostegen.

Auf der zweiten Fahrt fuhren wir mit dem moderneren Fährschiff „Zürisee“, wobei sich die Betriebsabläufe kaum unterscheiden. Einzig, dass ausser bei der „Meilen“ alle Fährschiffe über zwei nach Fahrtrichtung getrennte Steuerstände verfügen, der Kapitän also bei jedem Fahrtrichtungswechsel auch den Steuerstand wechseln muss.

2.5 Antriebstechnik

Die Antriebsdisposition ist im Anhang X: *Antriebsdisposition MS „Schwan“* ersichtlich. Alle Fährschiffe haben zwei MTU-Dieselmotoren, die je über eine Turbokupplung, ein Reduktionsgetriebe (3:1), eine Kardanwelle und Distanzwellen einen Voith-Schneider-Propeller antreiben. Die Motordrehzahl von 1800 U/min wird also auf eine Wellendrehzahl von 600 U/min reduziert.

Die Motoren werden mit Motor 1 (Seite Horgen) und 2 (Seite Meilen) bezeichnet. Motor 2 treibt zusätzlich einen Generator mit einer Leistung von 38 kVA an, der nach Angaben von Herrn Adrian Meier im Schnitt etwa zu einem guten Drittel belastet ist. Die volle Leistung ist nur erforderlich, wenn zusätzlich der Kompressor läuft. Druckluft wird für die Abgasnachbehandlung benötigt. Diese entfällt bei Speicherbetrieb, da es keine Abgase mehr gibt. Das Schiffshorn wird durch eine Dampfpfeife ersetzt. Für die verbleibende Stromversorgung von 7 bis 10 kW genügt eine über Nacht ladbare Batterie oder ein kleiner Dieselgenerator.

2.6 Energiebedarf für den Antrieb

Im Hinblick auf den Speicherbetrieb interessiert der Energiebedarf des Fährbetriebs, der aus den im Anhang XI aufgeführten Leistungsmessungen errechnet wurde:

Energiebedarf von Antrieb 1 des Fährschiffs MS „Zürisee“:

- Motorstart und Standlauf am Autosteg bis zur Abfahrt: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 1 schiebt: 34 kWh
- Standlauf am Autosteg beim Fahrzeugwechsel: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 1 zieht: 28 kWh
- Energieverbrauch pro Zyklus Antrieb 1: 68 kWh

Energieverbrauch von Antrieb 2 des Fährschiffs MS „Zürisee“:

- Motorstart und Standlauf am Autosteg bis zur Abfahrt: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 2 zieht: 28 kWh
- Standlauf am Autosteg beim Fahrzeugwechsel: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 2 schiebt: 34 kWh
- Energieverbrauch pro Zyklus Antrieb 2: 68 kWh

Gesamter Energiebedarf für den Antrieb: 136 kWh

Energieverbrauch für die Hilfsbetriebe [8]: 14 kWh

Gesamter Energiebedarf der MS „Zürisee“ pro Fahrzyklus: 150 kWh

2.7 Energieverbrauch der Dieselmotoren

Der Energieverbrauch der Dieselmotoren kann der Statistik im Anhang IX: *Treibstoffverbrauch pro Kurs* und den Geschäftsberichten der Gesellschaft [4] entnommen werden:

Betriebskennzahlen:	2014	2013	2012	2011
Anzahl Kurse	69.423	69.357	69.709	69.950
gefahrte Schiffskilometer	208.269	208.071	209.127	209.850
Treibstoffverbrauch (lt.)	1.423.680	1.410.445	1.469.622	1.530.604

Tabelle 1: Betriebskennzahlen aus den Geschäftsberichten 2012 bis 2014

Wie ersichtlich war der Treibstoffverbrauch von 2011 bis 2013 leicht rückläufig, was die Gesellschaft auf die Einführung eines elektronischen Überwachungssystems zurückführt. Inzwischen hat sich der Verbrauch auf diesem etwas niedrigeren Niveau stabilisiert.

2.8 Wirkungsgrad

Aus dem antriebswellenseitig gemessenen Energiebedarf und dem Energieverbrauch der Motoren lässt sich als weitere Plausibilitätsbetrachtung der Wirkungsgrad berechnen:

- Gesamter Energiebedarf der MS „Zürisee“ pro Zyklus: 150 kWh
- Treibstoffverbrauch MS „Zürisee“ pro Zyklus, 3. Quartal 2011:
 $2 \times 23.6 \text{ l/Kurs} = 47.2 \text{ l/Zyklus} =$ 472 kWh
- Wirkungsgrad der Arbeit an der Welle zur Treibstoffenergie: 31.8%

3. Dampfbedarf der Dampfmotoren

3.1 Antriebskonzept

Bei einem Umbau der Fährschiffe auf Speicherdampfbetrieb soll der Antrieb aus Kostengründen möglichst beibehalten werden. Wegen des viel günstigeren Drehmomentverlaufs (maximales Drehmoment im Stillstand bzw. beim Anfahren) des Dampfmotors können die Turbokupplungen und die Reduktionsgetriebe entfallen. Die Dampfmotoren können direkt mit den Kardanwellen gekuppelt werden. Auch der Druckluftkompressor und der Hilfs-Generator werden nicht mehr benötigt, siehe 2.5 *Antriebstechnik*.

3.2 Betriebskonzept

Aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen muss das Nachladen ohne Zeitverlust und ohne Zusatzfahrten erfolgen, das heisst ohne Leerfahrten zur „Dampftankstelle“. Es genügt, wenn in Horgen betankt wird, aber die Speicher sollen bei jeder Fahrt nachgefüllt werden, damit die Betankung gleichzeitig mit dem Ent- und Beladen der Fähre und innerhalb der durch den Fahrzeugwechsel zur Verfügung stehenden Zeit von etwa fünf Minuten erfolgen kann. Der bei Dieselbetrieb notwendige Standlauf kann mit Dampfmotoren entfallen.

Nach diesem Konzept sollte es genügen, wenn bei beiden Autostegen in Horgen Dampftankmöglichkeiten bestehen.

Es versteht sich von selbst, dass der Dampfbetankungsvorgang automatisch und ohne zusätzliche Handarbeit ablaufen muss. Weil die Fähren beim Be- und Entladen aber ohnehin gesichert werden, hält sich die technische Herausforderung für die Entwicklung von solchen automatischen Kupplungen in Grenzen. Wie dies gelöst werden kann, wird im zweiten Teil der Studie untersucht.

Der mit dem Wegfall des Kompressors wesentlich kleinere Energiebedarf der Hilfsbetriebe (Steuerstrom, Beleuchtung) soll mit einer über Nacht ladbaren Batterie gedeckt werden, allenfalls ergänzt mit auf dem Steuerhausdach montierten Solarzellen.

3.3 Energiebedarf mit Dampfmotoren

Energiebedarf Dampfantrieb 1:

• Seequerung, Antrieb 1 schiebt:	34 kWh
• <u>Seequerung, Antrieb 1 zieht:</u>	<u>28 kWh</u>
• Energieverbrauch pro Zyklus Antrieb 1:	62 kWh

Energieverbrauch Dampfantrieb 1:

• Seequerung, Antrieb 2 zieht:	28 kWh
• <u>Seequerung, Antrieb 2 schiebt:</u>	<u>34 kWh</u>
• Energieverbrauch pro Zyklus Antrieb 2:	62 kWh

Gesamter Energiebedarf für den Dampfantrieb: 124 kWh

3.4 Dampfverbrauch

Modernere Dampfmaschinen verbrauchen um die 4.5 kg Dampf pro PSi und Stunde [9] entsprechend 6.12 kg Dampf/kWh.

Mit dem unter 3.3 *Energiebedarf mit Dampfmaschinen* errechneten Energiebedarf ergibt sich ein Dampfbedarf von:

6.12 kg Dampf/kWh x 124 kWh = 758.9 kg Dampf, also rund **800 kg Dampf pro Zyklus**

Beim dichtesten 6-Minuten-Takt würde dies einen Dampfbedarf von 8 t/h ergeben.

Beim maximalen Verkehr von 111 Kursen pro Tag ab Horgen ergibt sich ein Dampfbedarf von 88.8 t/h, also rund 90 t/h. Gemittelt über 24 Stunden ergibt dies einen Dampfbedarf von 3.7 t/h, also rund 4 t/h. Ein gleichmässiger Dampfbezug erfordert einen oder mehrere Zwischenspeicher, der/die den unterschiedlichen Dampfbedarf ausgleichen.

Im Jahresmittel werden nicht 111, sondern 95 Kurse ab Horgen gefahren. Damit ergibt sich im Durchschnitt ein Dampfbedarf von 3.17 t/h, also rund 3.5 t/h. In der Tabelle 2 wurde der entsprechende Dampfverbrauch für die Jahre 2011 bis 2014 berechnet.

Betriebskennzahlen:	2014	2013	2012	2011
Anzahl Kurse	69.423	69.357	69.709	69.950
gefahrte Schiffskilometer	208.269	208.071	209.127	209.850
Dampfverbrauch (t)	27.770	27.743	27.884	27.980

Tabelle 2: Betriebskennzahlen und jährlicher Dampfverbrauch bei Speicherbetrieb

4. Dampfspeichertechnik

4.1 Prinzip

Die Dampfspeichertechnik nützt die **Fähigkeit des Wassers** aus, unter Druck **grosse Energiemengen** zu **speichern**. Dabei wird der grösste Teil der Energie nicht im Dampf, sondern im Heisswasser gespeichert. Dampfspeicher werden deshalb auch als Heisswasserspeicher bezeichnet. Meistens wird der Dampf genutzt, um Arbeit zu verrichten, sodass der Begriff Dampfspeicher zutreffender ist.

4.2 Anwendungen und Potential

Die Speichertechnik wurde in der ersten Studie [1], [2] ausführlich behandelt, siehe dort. Diese Studie befasst sich ausschliesslich mit der Anwendung für Fähren.

5. Dampfquellen

5.1 Allgemeines

Die Herstellung von Dampf kann mit jeder beliebigen Energieform erfolgen. Dies ist ein wesentlicher Systemvorteil der Dampftechnik.

Damit der *ökonomische* Nutzen einer Umstellung der Fähren auf Speicherdampfbetrieb möglichst gross ist, müsste der *kostengünstigste* Brennstoff gewählt werden.

Damit der *ökologische* Nutzen einer Umstellung der Fähren auf Speicherdampfbetrieb möglichst gross ist, müsste die *umweltfreundlichste* Energieform gewählt werden.

In Horgen bietet sich die weithin sichtbare Kehrrechtverwertungsanlage (KVA) als Dampfquelle an.

5.2 Kehrrechtverwertungsanlage KVA Horgen

Die Kehrrechtverwertungsanlage (KVA) Horgen steht im sogenannten Chnübretobel in Horgen und liegt 100 Höhenmeter über dem Zürichsee. Die zwei Ofenlinien der KVA Horgen sind rund um die Uhr während über 8000 Stunden pro Jahr in Betrieb.

Die jährliche Verbrennungskapazität der KVA beträgt rund 60'000 Tonnen. Das Werk produziert damit so viel Strom, wie ca. 5000 Menschen pro Jahr zuhause verbrauchen. Mit dem Turbinenabdampf wird das Fernwärmenetz versorgt. Rund ein Drittel der Horgener Wohnungen wird mit Komfortwärme (Heizung und Warmwasser) versorgt. Da etwa die Hälfte des verbrannten Abfalls Biomasse ist, gilt auch die Hälfte der abgegebenen Energie als CO₂-neutral. Damit wurde der Grundstein für das Label «Energistadt Horgen» gelegt.

Diese Beschreibung wurde, stark gekürzt, aktuell der Homepage [10] entnommen, ist aber trotzdem veraltet. Anfangs Juli 2015 wurde die Ofenlinie 1 stillgelegt und eine neue Ofenlinie 2 in Betrieb genommen, wovon erst wenige Daten [11], [12] bekannt sind:

Technische Daten der Ofenlinie 2:

Kehrrechtdurchsatz 4,4 t/h
Dampfleistung 18 t/h
Dampfdaten 29 bar, 380 °C
Gesamtkapazität 35'000 Tonnen/Jahr

Die KVA könnte trotz der Stilllegung der Ofenlinie 1 den für den Speicherbetrieb der Fähren benötigten Dampf liefern. Die Dampfleistung der KVA beträgt rund das Vierfache der bei Hochbetrieb der Fähren benötigten Dampfmenge. Wie in der ersten Studie [1], [2] erwähnt, müsste eine neue Fernwärmeleitung von der KVA zu den Autostegen des Fährbetriebs gebaut werden, weil die bestehenden Fernwärmeleitungen nur in den oberen Teil von Horgen und zur Dow Chemical führen. Eventuell könnte letztere Leitung teilweise mitbenützt werden. Die in [1], [2] vorgeschlagene direkte Leitungsführung von etwa 1.4 km Länge würde mehrheitlich durch bebautes Gebiet führen. Einfacher, aber mit rund 2.5 km etwas länger, wäre eine Fernwärmeleitung, die durch das Chnübretobel und anschliessend dem Bahntrasse entlang führt. Für Fernwärmeleitungen sind dies normale Distanzen.

Weil nur noch eine Ofenlinie in Betrieb ist, kann die KVA Horgen keine unterbruchsfreie Dampflieferung mehr garantieren. Bei Reparatur- und Wartungsarbeiten müsste eine Ersatzdampfquelle vorhanden sein. Für solche Fälle gibt es handelsübliche mobile Dampfcontainer, die auch kurzfristig gemietet werden können. Ein Beispiel ist im Anhang XIII *Beispiel eines mobilen Dampfcontainers* beschrieben.

Ein mobiler Dampfcontainer wäre auch in der Einführungsphase mit erst einem Fährschiff nützlich, da anzunehmen ist, dass die für den gesamten Speicherfährbetrieb notwendigen Investitionen gestaffelt würden. Die Investition in die Fernwärmeleitung wäre erst nach einem definitiven Entscheid für den Vollbetrieb mit Speicherfähren notwendig.

5.3 Neue Energiezentrale in Horgen

Als weitere Alternative bietet sich eine eigene Energiezentrale in Horgen an. Die Dampflieferung wäre von der KVA unabhängig, die Investitionen für die Fernwärmeleitung würden hinfällig. Bei Verwendung von Biomasse wäre auch die CO₂-Bilanz noch besser, da bei der Verbrennung von Kehricht üblicherweise nur etwa 50 bis 70% als CO₂-neutral gelten.

Im nächsten Teil der Studie soll untersucht werden, in welcher Form und mit welchen Brennstoffen eine solche Energiezentrale realisiert werden sollte. Aus ökologischer Sicht wäre eine mit Holzhackschnitzeln befeuerte Kraft-Wärmekoppelungsanlage einem gasgefeuerten Dampfkessel für die ausschliessliche Dampfproduktion vorzuziehen, aber die ökonomische Sicht gibt manchmal andere Resultate.

5.4 Alternativennergien

Die Alternativennergieformen wie Geothermie, Solarthermie und Windenergie wurden in der ersten Studie mit je einem Kapitel behandelt. Sie sind für diese Anwendung nicht (Solar- und Windenergie) bzw. noch nicht (Geothermie) geeignet und werden daher nicht weiter betrachtet.

5.5 Mobile Fernwärme

Die Forschungsgesellschaft der Stadtwerke Wolfsburg entwickelte ein System, Wärme in unter Druck stehendem Heisswasser über grössere Strecken per Bahn (verglichen mit den Fernwärmeleitungen üblichen Distanzen) zu transportieren. Das Konzept und die Resultate des gebrauchsfertig entwickelten Systems sind in [13] gut beschrieben. Die vierachsigen voll isolierten Kesselwagen transportierten je 65 m³ Heisswasser unter 16 bar Druck.

Eine sinnvolle Anwendung könnte beispielsweise der Wärmetransport aus Stahlwerken zu Verbrauchern in einem Umkreis von 30 bis 50 km sein. Stahlwerke produzieren enorme Mengen an bisher ungenutzter Abwärme (siehe auch [1], [2]). Ob eine solche Lösung für die Dampfversorgung des Fährbetriebs, beispielsweise ab dem Stahlwerk der Swiss Steel in Emmenbrücke, wirtschaftlich wäre, müsste in der Phase 3 genauer untersucht werden.

6. Energiekonzept: Resultat und Schlussfolgerung

Während der (sich hinziehenden) Projektarbeit an der Phase 1 der Studie hat die KVA Horgen die 2. Ofenlinie stillgelegt. Dies bedingte, als Ersatz zur Überbrückung von Unterbrüchen bei der Dampflieferung wegen Wartungsarbeiten oder Reparaturen, bei der KVA eine zusätzliche Dampfzentrale zu installieren. Dies wäre neben einer teuren Heisswasserleitung von der KVA zur Anlegestelle der Fähre, zu teuer.

Als Alternative wurde deshalb geprüft, ob eine Dampfzentrale auf dem Areal der Fähre gebaut werden könnte, unter Verzicht auf den Anschluss an die KVA. Laut Abklärung der ZHAW mit der Gemeinde Horgen wäre dies sowohl beim Werkgebäude als auch unterirdisch bei der Anlegestelle möglich (siehe Beilage).

Obwohl mit Holzschnitzelfeuerung beim Betrieb aller Fähren mit Speicherdampf jährlich die Emission von 1.5 Mio Liter Heizöl verhindert werden könnte, entspricht dieses Konzept nicht den Vorgaben des BAV.

Die Studie wird deshalb auf Entscheidung des BAV abgebrochen. Es bleibt aber der Zürichsee-Fähre Horgen-Meilen AG unbenommen, das Projekt in eigener Regie weiterzuführen. Sie könnte dabei durch die Swiss Excellence Stiftung unterstützt werden.

Immerhin liefert die abgeschlossene Phase 1 dazu einige nützliche Erkenntnisse und Daten.

Literatur und Quellen

- [1] Dampfspeicherfahrzeuge
Ersatz von Elektro- und Dieselfahrzeugen
Schlussbericht von Swiss Excellence, Dampflokomotiv- und Maschinenfabrik DLM AG, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, 30. Mai 2013
- [2] Dampfspeicherfahrzeuge
Ersatz von Elektro- und Dieselfahrzeugen (Rangierlokomotiven, Pneu-Schleppfahrzeugen) auf Werkarealen durch Speicherfahrzeuge
Technischer Bericht Nr. D163 DLM AG
- [3] Pokschewinski, Karl: Feuerlose Lokomotiven
Lok Rundschau Verlag GmbH, Gülzow, 2000, ISBN 3-931647-10-2
- [4] Geschäftsberichte 2014, 2013 und 2012 der Zürichsee-Fähre Meilen - Horgen AG
Homepage der Zürichsee-Fähre Meilen - Horgen AG
- [5] www.faehe.ch Homepage der Zürichsee-Fähre Meilen - Horgen AG
- [6] Email von Herrn Adrian Meier, Leiter Technik Zürichsee-Fähre, vom 6. März 2015
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Faehre>
- [8] Telefongespräch mit Herrn Adrian Meier, Leiter Technik Zürichsee-Fähre, am 7. Juli 2015
- [9] Doppelverbund Schiffsmaschinen mit Schiebersteuerung
Christiansen & Meyer, Firmenprospekt Ausgabe 1959
- [10] www.kvahorgen.ch Homepage der Kehrlichtverwertung Horgen
- [11] Email von Herrn Romano Wild, KVA Horgen vom 3. Juli 2015
- [12] Telefongespräch mit Herrn Romano Wild, KVA Horgen am 9. Juli 2015
- [13] Brauer, Werner: Fernwärme auf Rädern
ZEV + DET Glasers Annalen 118 (1994) Nr.9 September S. 415 bis 420

Anhang

- Anhang I: Fährschiff MS „Schwan“
- Anhang II: Fährschiff MS „Meilen“
- Anhang III: Fährschiff MS „Horgen“
- Anhang IV: Fährschiff MS „Zürisee“
- Anhang V: Fährschiff MS „Burg“
- Anhang VI: Neues Fährschiff MS „Meilen“
- Anhang VII: Sommerfahrplan für Montag - Freitag
- Anhang VIII: Einsatzplan der Schiffe ab Horgen, Montag - Freitag
- Anhang IX: Treibstoffverbrauch pro Kurs
- Anhang X: Antriebsdisposition MS „Schwan“
- Anhang XI: Leistungsmessungen mit MS „Zürisee“
- Anhang XII: Grafische Darstellung des Drehmomentverlaufs der MS „Zürisee“
- Anhang XIII: Beispiel eines mobilen Dampfcontainers
- Anhang XIX: Email KVA Horgen mit Preisangebot
- Anhang XX: Aktuelle Energiebilanz der KVA Horgen
- Anhang XXI: Antworten auf Fragen des BAV

Anhang I: Fährschiff MS „Schwan“



Dieselmotor-Fährschiff erbaut durch Bodan-Werft GmbH, Kressbronn BRD. Inbetriebnahme: 1. September 1969, Generalüberholung 1999

Länge über alles	45,90 m
Fahrbahnlänge	42,00 m
Grösste Breite	13,00 m
Fahrbahnbreite	10,20 m
Seitenhöhe des Rumpfes	2,65 m
Gesamthöhe	11,00 m
Fahrbahnhöhe im Licht	4,40 m
Tiefgang, leer	1,53 m
beladen	1,81 m
Wasserverdrängung (Schiffsgewicht etwa)	240 t
Zuladung (total)	90 t
Zuladung Personenwagen	36
Tolerierte Personenzahl	300 / 500 für Extrafahrten
Sitzplätze innen	36
Sitzplätze aussen	40
Zulässiger Achsdruck	10 t
Dieselmotoren, Typ	MTU 2000 / 8V
Leistung der zwei Dieselmotoren	900 PS
Geschwindigkeit	20,0 km/h
Propeller	2
Typ	Voith-Schneider
Harnstofftank	1600 l
Dieselöltank	4x5000 l, 20'000 l (18'000 l Nutzinhalt)

Alle Daten sind der Homepage [5] entnommen.

Anhang II: Fährschiff MS „Meilen“



Dieselmotor-Fährschiff erbaut durch Bodan-Werft GmbH, Kressbronn BRD. Inbetriebnahme: 3. September 1979

Länge über alles	48,50 m
Fahrbahnlänge	45,00 m
Grösste Breite	12,22 m
Fahrbahnbreite	9,55 m
Seitenhöhe des Rumpfes	2,75 m
Gesamthöhe	12,50 m
Fahrbahnhöhe im Licht	4,25 m
Tiefgang, leer	1,49 m
beladen	1,79 m
Wasserverdrängung (Schiffsgewicht etwa)	245 t
Zuladung (total)	120 t
Zuladung Personenwagen	40
Tolerierte Personenzahl	300
Sitzplätze innen	50
Sitzplätze aussen	36
Zulässiger Achsdruck	15 t
Dieselmotoren, Typ	MTU 2000 / 8V
Leistung der zwei Dieselmotoren	900 PS
Geschwindigkeit	21,7 km/h
Propeller	2
Typ	Voith-Schneider
Dieselöltank	4x5000 l, 20'000 l (18'000 l Nutzinhalt)

Alle Daten sind der Homepage [5] entnommen.

Anhang III: Fährschiff MS „Horgen“



Dieselmotor-Fährschiff erbaut durch Bodan-Werft GmbH, Kressbronn BRD. Inbetriebnahme: 26. Mai 1991

Länge über alles	49,50 m
Fahrbahnlänge	47,50 m
Grösste Breite	13,00 m
Fahrbahnbreite	10,20 m
Seitenhöhe des Rumpfes	2,75 m
Gesamthöhe	13,10 m
Fahrbahnhöhe im Licht	4,25 m
Tiefgang, leer	1,55 m
beladen	1,90 m
Wasserverdrängung (Schiffsgewicht etwa)	250 t
Zuladung (total)	120 t
Zuladung Personenwagen	40
Tolerierte Personenzahl	300
Sitzplätze innen	67
Sitzplätze aussen	36
Zulässiger Achsdruck	15 t
Dieselmotoren, Typ	MTU 2000 / 8V
Leistung der zwei Dieselmotoren	900 PS
Geschwindigkeit	21,7 km/h
Propeller	2
Typ	Voith-Schneider
Dieselöltank	4x5000 l, 20'000 l (18'000 l Nutzinhalt)

Alle Daten sind der Homepage [5] entnommen.

Anhang IV: Fährschiff MS „Zürisee“



Dieselmotor-Fährschiff erbaut durch Bodan-Werft GmbH, Kressbronn BRD. Inbetriebnahme: 15. August 1999

Länge über alles	55,00m
Fahrbahnlänge	52,60 m
Grösste Breite	13,00 m
Fahrbahnbreite	10,20 m
Seitenhöhe des Rumpfes	2,75 m
Gesamthöhe	11,00 m
Fahrbahnhöhe im Licht	4,40 m
Tiefgang, leer	1,45 m
beladen	1,85 m
Wasserverdrängung (Schiffsgewicht etwa)	290 t
Zuladung (total)	120 t
Zuladung Personenwagen	44
Tolerierte Personenzahl	300
Sitzplätze innen	48
Sitzplätze aussen	40
Zulässiger Achsdruck	15 t
Dieselmotoren, Typ	MTU 2000 / 8V
Leistung der zwei Dieselmotoren	1100 PS
Geschwindigkeit	22,5 km/h
Propeller	2
Typ	Voith-Schneider
Harnstofftank	4000 l
Dieselöltank	4x5500 l, 22'000 l (20'000 l Nutzinhalt)

Alle Daten sind der Homepage [5] entnommen.

Anhang V: Fährschiff MS „Burg“



Dieselmotor-Fährschiff erbaut durch Bodan-Werft, Kressbronn BRD. Inbetriebnahme: 5. September 2003

Länge über alles	55,00m
Fahrbahnlänge	52,60 m
Grösste Breite	13,00 m
Fahrbahnbreite	10,20 m
Seitenhöhe des Rumpfes	2,75 m
Gesamthöhe	11,00 m
Fahrbahnhöhe im Licht	4,40 m
Tiefgang, leer	1,45 m
beladen	1,85 m
Wasserverdrängung (Schiffsgewicht etwa)	290 t
Zuladung (total)	120 t
Zuladung Personenwagen	44
Tolerierte Personenzahl	300
Sitzplätze innen	48
Sitzplätze aussen	40
Zulässiger Achsdruck	15 t
Dieselmotoren, Typ	MTU 2000 / 8V
Leistung der zwei Dieselmotoren	1100 PS
Geschwindigkeit	22,5 km/h
Propeller	2
Typ	Voith-Schneider
Dieselöltank	4x5500 l, 22'000 l (20'000 l Nutzinhalt)

Alle Daten sind der Homepage [5] entnommen.

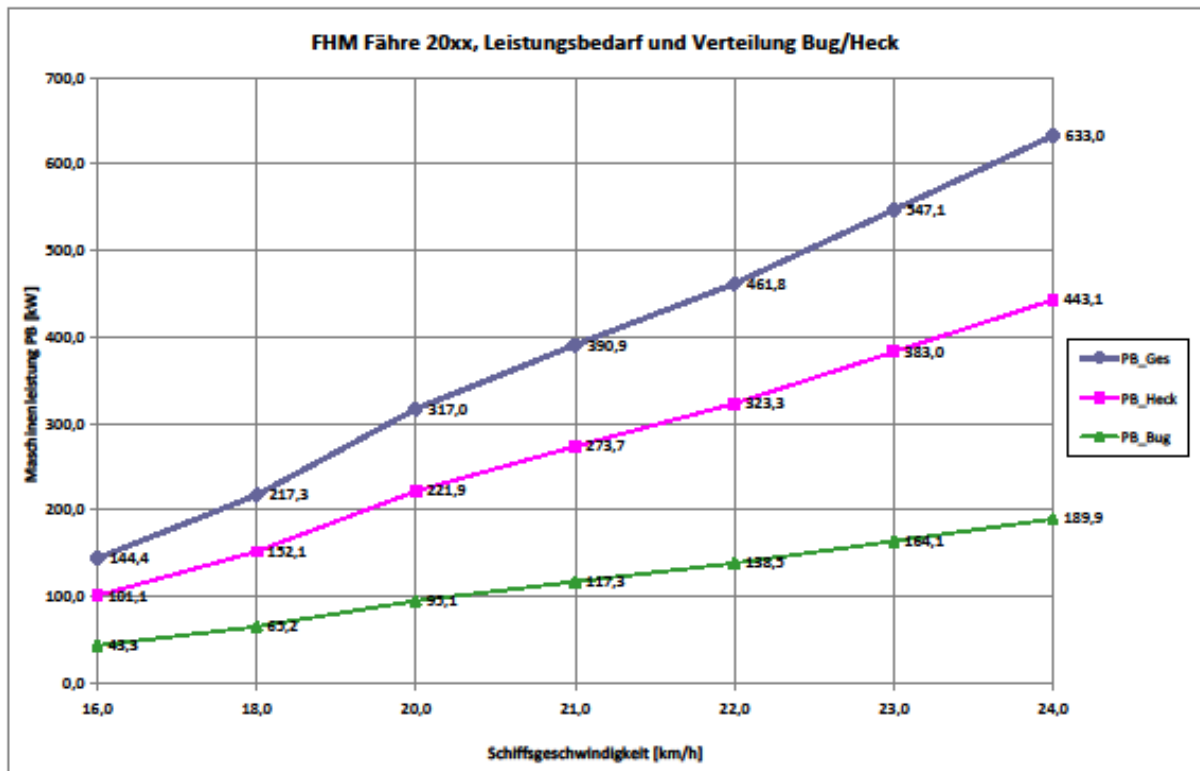
Anhang VI: Neues Fährschiff MS „Meilen“



Schiff mit 1,66m Tiefgang, das entspricht etwa 80t Zuladung

v	Gesamt	Voith	Gesamt	Welle	Getriebe	T-Kplg.	Gesamt	Pro Motor	PB Heck	PB Bug
[km/h]	PD+Wind	etaM	PS	etaM	etaM	etaM	PB	PB	70%	30%
	[kW]	%	[kW]	%	%	%	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
16,0	126,1	8,0	136,2	2,0	2,0	2,0	144,4	72,2	101,1	43,3
18,0	189,8	8,0	205,0	2,0	2,0	2,0	217,3	108,6	152,1	65,2
20,0	276,9	8,0	299,1	2,0	2,0	2,0	317,0	158,5	221,9	95,1
21,0	341,5	8,0	368,8	2,0	2,0	2,0	390,9	195,5	273,7	117,3
22,0	403,4	8,0	435,7	2,0	2,0	2,0	461,8	230,9	323,3	136,5
23,0	477,9	8,0	516,1	2,0	2,0	2,0	547,1	273,5	383,0	164,1
24,0	552,9	8,0	597,1	2,0	2,0	2,0	633,0	316,5	443,1	189,9

Glattes Wasser, Fahrtwind, kein Gegenwind



Projektzeichnung und Propulsionsprognose des Ing. Büro B. Utz [6].

Anhang VII: Sommerfahrplan für Montag - Freitag

gültig Ende März bis Ende Oktober (während Sommerzeit)

	Horgen ab		Meilen ab
06	00 - 10 - 20 - 30 - 37 - 45 - 52	06	15 - 25 - 35 - 45 - 52
07	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52	07	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52
08	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 40 - 50	08	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 55
09	00 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50	09	05 - 15 - 25 - 35 - 45 - 55
10	00 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50	10	05 - 15 - 25 - 35 - 45 - 55
11	00 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50	11	05 - 15 - 25 - 35 - 45 - 55
12	00 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50	12	05 - 15 - 25 - 35 - 45 - 55
13	00 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50	13	05 - 15 - 25 - 35 - 45 - 55
14	00 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50	14	05 - 15 - 25 - 35 - 45 - 55
15	00 - 10 - 20 - 30 - 37 - 45 - 52	15	05 - 15 - 25 - 35 - 45 - 52
16	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52	16	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52
17	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52	17	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52
18	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52	18	00 - 07 - 15 - 22 - 30 - 37 - 45 - 52
19	00 - 10 - 20 - 30 - 45	19	00 - 07 - 15 - 25 - 35 - 45
20	00 - 15 - 30 - 45	20	00 - 15 - 30 - 45
21	00 - 15 - 45	21	00 - 15 - 30
22		22	00

An allg. Feiertagen inkl. 1. Mai gilt der Sonntagsfahrplan.

7½-Minuten-Takt - wird bei hohem Verkehrsaufkommen verlängert.

10-Minuten-Takt

während der Sommerzeit bei Bedarf 6-Minuten-Takt

Während der Hauptverkehrszeiten keine Gewähr für exaktes Einhalten der Abfahrtszeiten.

Anhang VIII: Einsatzplan der Schiffe ab Horgen

Sommerfahrplan 2015; Montag bis Freitag; 4 Fahren										
Kurs	Schiff 1	Steg	Schiff 2	Steg	Schiff 3	Steg	Schiff 4	Steg	Schiff 5	Steg
1	06:00	1			06:10	1	06:20	1		
3	06:30	1	06:37	2	06:45	1	06:52	2		
5	07:00	1	07:07	2	07:15	1	07:22	2		
7	07:30	1	07:37	2	07:45	1	07:52	2		
9	08:00	1	08:07	2	08:15	1	08:22	2		
11	08:30	1	08:40	2	08:50	1				
13	09:00	1	09:10	2	09:20	2				
15	09:30	1	09:40	2	09:50	2				
17	10:00	1	10:10	2	10:20	2				
19	10:30	1	10:40	2	10:50	2			Revision oder Reserve	
21	11:00	1	11:10	2	11:20	2				
23	11:30	1	11:40	2	11:50	2				
25	12:00	1	12:10	2	12:20	2				
27	12:30	1	12:40	2	12:50	2				
29	13:00	1	13:10	2	13:20	2				
31	13:30	1	13:40	2	13:50	2				
33	14:00	1	14:10	2	14:20	2				
35	14:30	1	14:40	2	14:50	2				
37	15:00	1	15:10	2	15:20	2	-			
39	15:30	2	15:37	2	15:52	2	15:45	1		
41	16:00	1	16:07	2	16:22	2	16:15	1		
43	16:30	1	16:37	2	16:52	2	16:45	1		
45	17:00	1	17:07	2	17:22	2	17:15	1		
47	17:30	1	17:37	2	17:52	2	17:45	1		
49	18:00	1	18:07	2	18:22	2	18:15	1		
51	18:30	1	18:37	2	18:52	2	18:45	1		
53	19:00	1	19:10	2	19:20	2				
55	19:30	1	19:45	1						
57	20:00	1	20:15	2						
59	20:30	1	20:45	2						
61	21:00	1	21:15	2						
63			21:45	2						
Σ	31 Kurse		31 Kurse		27 Kurse		12 Kurse		0 Kurse	

Beim 4-Fahren-Fahrplan sind 101 Kursfahrten pro Tag ab Horgen vorgesehen.

Zur besseren Übersicht wurde der Einsatzplan der Fährschiffe [6] vereinfacht und ergänzt.

Sommerfahrplan 2015; Montag bis Freitag; 5 Fahren										
Kurs	Schiff 1	Steg	Schiff 2	Steg	Schiff 3	Steg	Schiff 4	Steg	Schiff 5	Steg
1	06:00	1			06:10	1	06:20	1		
3	06:30	1	06:37	2	06:45	1	06:52	2		
5	07:00	1	07:07	2	07:12	1	07:24	1	07:18	2
7	07:30	2	07:36	1	07:42	2	07:54	2	07:48	1
9	08:00	1	08:06	2	08:12	1	08:24	1	08:18	2
11	08:30	2	08:37	1	08:45	2			08:52	1
13	09:00	2	09:10	1	09:20	2				
15	09:30	1	09:40	2	09:50	2				
17	10:00	1	10:10	2	10:20	2				
19	10:30	1	10:40	2	10:50	2				
21	11:00	1	11:10	2	11:20	2				
23	11:30	1	11:40	2	11:50	2				
25	12:00	1	12:10	2	12:20	2				
27	12:30	1	12:40	2	12:50	2				
29	13:00	1	13:10	2	13:20	2				
31	13:30	1	13:40	2	13:50	2				
33	14:00	1	14:10	2	14:20	2				
35	14:30	1	14:40	2	14:50	2				
37	15:00	1	15:10	2	15:20	2	-			
39	15:30	2	15:37	2	15:52	2	15:45	1		
41	16:00	1	16:12	1	16:24	1	16:18	2	16:06	2
43	16:30	2	16:42	2	16:54	2	16:48	1	16:36	1
45	17:00	1	17:12	1	17:24	1	17:18	2	17:06	2
47	17:30	2	17:42	2	17:54	2	17:48	1	17:36	1
49	18:00	1	18:12	1	18:24	1	18:18	2	18:06	2
51	18:30	2	18:42	2	18:54	2	18:48	1	18:36	1
53	19:00	1	19:10	1	19:20	1				
55	19:30	1	19:45	1						
57	20:00	1	20:15	2						
59	20:30	1	20:45	2						
61	21:00	1	21:15	2						
63			21:45	2						
Σ	31 Kurse		31 Kurse		27 Kurse		12 Kurse		10 Kurse	

Beim 5-Fahren-Fahrplan sind 111 Kursfahrten pro Tag ab Horgen vorgesehen.

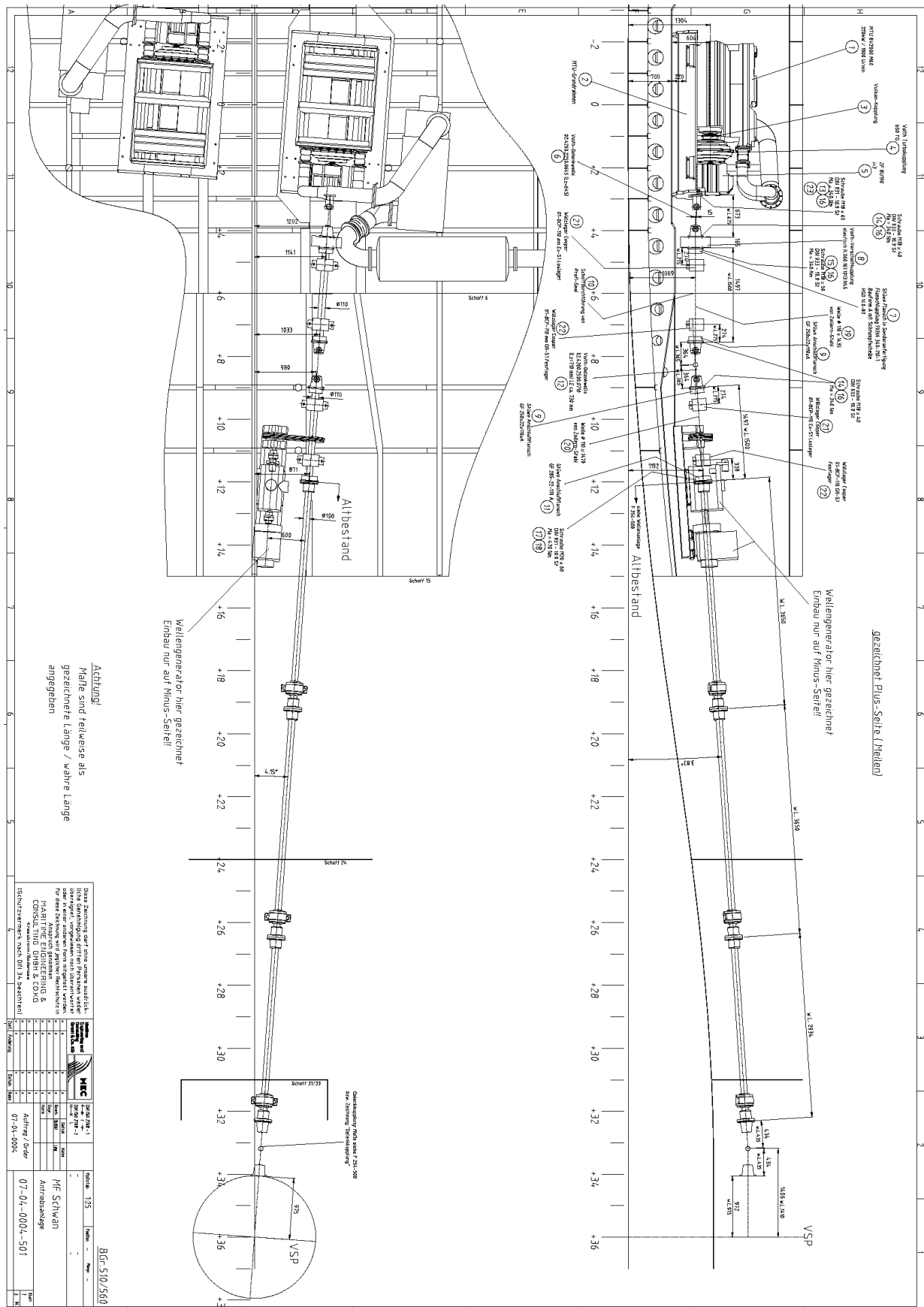
Zur besseren Übersicht wurde der Einsatzplan der Fährschiffe [6] vereinfacht und ergänzt.

Anhang IX: Treibstoffverbrauch pro Kurs

Fährschiff	Schwan		Meilen		Horgen		Zürisee		Burg		Total	
Verbrauch	l/Kurs	Schnitt	l/Kurs	Schnitt	l/Kurs	Schnitt	l/Kurs	Schnitt	l/Kurs	Schnitt	l/Kurs	Schnitt
Periode												
1. Qu. 2004	20.7		20.8		18.0		23.6		23.6		21.5	
2. Qu. 2004	20.0	20.35	20.0	20.40	17.3	17.65	22.4	23.00	22.4	23.00	20.9	21.20
3. Qu. 2004	18.7	19.80	20.9	20.57	17.7	17.67	23.0	23.00	22.3	22.77	20.9	21.10
4. Qu. 2004	18.9	19.58	20.8	20.63	18.9	17.98	22.5	22.88	22.6	22.73	21.1	21.10
1. Qu. 2005	19.5	19.56	21.4	20.78	19.1	18.20	23.6	23.02	22.4	22.66	21.6	21.20
2. Qu. 2005	19.3	19.52	20.3	20.70	18.7	18.28	21.5	22.77	22.2	22.58	20.7	21.12
3. Qu. 2005	19.0	19.44	20.7	20.70	18.9	18.37	20.7	22.47	21.9	22.49	20.5	21.03
4. Qu. 2005	19.1	19.40	20.7	20.70	19.1	18.46	21.4	22.34	21.2	22.33	20.6	20.98
1. Qu. 2006	18.5	19.30	19.9	20.61	19.0	18.52	22.0	22.30	22.0	22.29	20.5	20.92
2. Qu. 2006	20.4	19.41	21.2	20.67	19.8	18.65	22.2	22.29	23.1	22.37	21.7	21.00
3. Qu. 2006	19.3	19.40	19.7	20.58	18.5	18.64	22.7	22.33	22.1	22.35	20.7	20.97
4. Qu. 2006	18.7	19.34	19.7	20.51	19.4	18.70	22.9	22.38	22.7	22.38	21.4	21.01
1. Qu. 2007	20.7	19.45	20.2	20.48	19.5	18.76	24.2	22.52	22.8	22.41	21.4	21.04
2. Qu. 2007	20.5	19.52	20.3	20.47	21.5	18.96	21.9	22.47	20.2	22.25	21.0	21.04
3. Qu. 2007	18.8	19.47	20.6	20.48	19.7	19.01	23.4	22.53	21.5	22.20	21.2	21.05
4. Qu. 2007	18.8	19.43	21.5	20.54	19.6	19.04	21.9	22.49	21.7	22.17	21.1	21.05
1. Qu. 2008	19.9	25.16	21.6	20.59	19.4	19.13	22.7	22.44	22.5	22.10	21.8	21.07
2. Qu. 2008	19.9	24.51	20.5	20.60	19.4	19.08	22.7	22.52	22.5	22.21	20.4	21.06
3. Qu. 2008	23.1	24.44	20.3	20.58	20.7	19.17	25.9	22.69	24.2	22.31	22.5	21.13
4. Qu. 2008	19.1	24.17	20.6	20.59	19.0	19.16	22.4	22.68	22.6	22.33	21.0	21.13
1. Qu. 2009	21.1	24.02	21.0	20.60	19.2	19.16	22.3	22.66	22.1	22.31	21.2	21.13
2. Qu. 2009	18.6	23.78	20.3	20.59	18.7	19.14	21.9	22.63	22.7	22.33	20.0	21.08
3. Qu. 2009	20.8	23.65	20.2	20.57	19.3	19.15	22.0	22.60	23.3	22.37	21.5	21.10
4. Qu. 2009	19.9	23.34	21.2	20.60	19.1	19.15	22.9	22.61	24.2	22.45	21.8	21.13
1. Qu. 2010	19.8	23.34	20.5	20.60	18.8	19.13	22.0	22.59	23.0	22.47	20.8	21.11
2. Qu. 2010	20.1	23.22	17.7	20.48	18.3	19.10	23.3	22.62	23.6	22.52	21.4	21.12
3. Qu. 2010	21.5	23.16	22.5	20.56	18.4	19.07	22.1	22.60	24.3	22.58	21.9	21.15
4. Qu. 2010	19.5	23.03	21.6	20.60	18.9	19.07	23.6	22.63	22.6	22.58	21.7	21.17
1. Qu. 2011	21.0	22.96	21.3	20.62	19.6	19.09	24.1	22.68	23.7	22.62	22.6	21.22
2. Qu. 2011	19.7	22.85	21.3	20.64	22.0	19.18	20.3	22.60	23.6	22.65	21.7	21.24
3. Qu. 2011	20.7	22.78	20.9	20.65	18.3	19.15	23.6	22.64	23.4	22.68	21.6	21.25
4. Qu. 2011	20.7	22.71	21.6	20.68	18.7	19.14	22.8	22.64	22.8	22.68	21.6	21.26
1. Qu. 2012	20.1	22.63	19.9	20.66	18.3	19.12	22.2	22.63	21.9	22.66	21.1	21.25
2. Qu. 2012	19.6	22.54	20.3	20.65	18.0	19.08	24.2	22.67	19.3	22.56	20.5	21.23
3. Qu. 2012	21.9	22.53	20.9	20.65	19.1	19.08	22.5	22.67	21.2	22.52	21.2	21.23
4. Qu. 2012	20.0	22.46	20.2	20.64	18.3	18.55	21.5	22.64	21.5	22.49	20.2	21.20
1. Qu. 2013	21.8	22.44	19.5	20.61	16.2	18.98	23.9	22.67	20.2	22.43	19.9	21.17
2. Qu. 2013	21.2	22.41	20.3	20.60	18.4	18.97	19.9	22.60	21.3	22.40	20.0	21.14
3. Qu. 2013	20.4	22.35	20.2	20.59	18.5	18.97	20.7	22.55	21.2	22.37	20.1	21.11
4. Qu. 2013	19.5	22.28	20.8	20.60	18.7	18.95	21.1	22.51	21.1	22.34	20.5	21.09
1. Qu. 2014	19.9	22.22	22.7	20.65	18.7	18.94	21.1	22.48	20.5	22.29	19.9	21.07
2. Qu. 2014	21.8	22.21	23.3	20.71	18.6	18.94	21.7	22.46	19.6	22.23	20.4	21.05
3. Qu. 2014	19.1	22.14	20.5	20.71	18.5	18.93	20.0	22.40	22.0	22.22	20.2	21.03
4. Qu. 2014	20.5	22.10	21.2	20.72	19.1	18.93	20.4	22.36	20.9	22.19	20.3	21.01

Gemäss obiger Statistik über zehn Jahre verbrauchen die Fährschiffe pro Kursfahrt im Mittel 21 Liter Dieselöl, hin und zurück also 42 Liter.

Anhang X: Antriebsdisposition MS „Schwan“



Anhang XI: Leistungsmessungen mit MS „Zürisee“

Die folgende Tabelle wurde auf Basis von Messungen am Antriebsstrang von Motor 1 der MS „Zürisee“ [6] vom 25.07.2011 inhaltlich unverändert stark gekürzt und neu zusammengestellt.

Zeit	Drehmoment	Drehzahl	Leistung	Energie	Bemerkungen
	Nm	U/min	kW	Σ: kWh	
05:48:05	454	0	0	0	Motorenstart
05:48:10	432	0	0	0	Motorenstart
05:48:15	994	0	0	0	Motorenstart
05:48:20	65	225	1.53	0	Leerlauf am Autosteg
05:48:25	130	230	3.12	0	Leerlauf am Autosteg
05:48:30	238	182	4.53	0	Leerlauf am Autosteg
▼	▼	▼	▼	▼	▼
05:49:15	691	409	29.6	0	Standlauf am Autosteg
05:49:20	432	396	17.91	0	Standlauf am Autosteg
▼	▼	▼	▼	▼	▼
05:59:50	302	397	12.57	3	Motor beschleunigen
05:59:55	670	506	35.47	3	Motor beschleunigen
06:00:00	994	562	58.46	3	Abfahrt ab Horgen
06:00:05	346	611	22.11	3	Seequerung nach Meilen
06:00:10	1641	588	101.05	3	Seequerung nach Meilen
06:00:15	2246	593	139.46	3	Seequerung nach Meilen
06:00:20	3283	588	202.11	3	Seequerung nach Meilen
06:00:25	3564	588	219.4	3	Seequerung nach Meilen
06:00:30	2678	599	167.96	4	Seequerung nach Meilen
06:00:35	2505	590	154.77	4	Seequerung nach Meilen
06:00:40	3197	584	195.45	4	Seequerung nach Meilen
06:00:45	4428	582	269.8	4	Seequerung nach Meilen
06:00:50	5940	587	365.04	5	Seequerung nach Meilen
06:00:55	4968	593	308.42	5	Seequerung nach Meilen
▼	▼	▼	▼	▼	▼
06:07:25	4773	584	291.86	36	Seequerung nach Meilen
06:07:30	86	633	5.73	36	Leerlauf
06:07:35	86	587	5.31	36	Leerlauf
06:07:40	302	597	18.9	36	Abbremsen
06:07:45	346	597	21.6	36	Abbremsen
06:07:50	475	603	30	36	Abbremsen
06:07:55	1058	594	65.82	36	Abbremsen
06:08:00	1274	595	79.38	37	Abbremsen
06:08:05	583	599	36.57	37	Abbremsen
▼	▼	▼	▼	▼	▼
06:08:45	324	597	20.25	37	Abbremsen
06:08:50	259	597	16.2	37	Abbremsen
06:08:55	1080	583	65.92	37	Abbremsen
06:09:00	540	504	28.49	37	Ankunft in Meilen
06:09:05	454	397	18.85	37	Standlauf am Autosteg
▼	▼	▼	▼	▼	Fahrzeugwechsel
06:14:50	648	397	26.93	40	Standlauf am Autosteg

Zeit	Drehmoment	Drehzahl	Leistung	Energie	Bemerkungen
	Nm	U/min	kW	Σ: kWh	
06:14:55	648	396	26.86	40	Standlauf am Autosteg
06:15:00	1231	506	65.22	40	Abfahrt in Meilen
06:15:05	562	591	34.75	40	Seequerung nach Horgen
06:15:10	2095	585	128.32	40	Seequerung nach Horgen
06:15:15	2570	601	161.73	40	Seequerung nach Horgen
06:15:20	3780	574	227.15	40	Seequerung nach Horgen
06:15:25	5594	588	344.38	40	Seequerung nach Horgen
▼	▼	▼	▼	▼	▼
06:22:40	1987	629	130.86	67	Seequerung nach Horgen
06:22:45	65	586	3.98	67	Leerlauf
06:22:50	842	586	51.68	67	Abbremsen
06:22:55	799	598	50.03	67	Abbremsen
06:23:00	1102	595	68.62	67	Abbremsen
06:23:05	1166	596	72.78	67	Abbremsen
▼	▼	▼	▼	▼	▼
06:23:50	626	589	38.63	68	Abbremsen
06:23:55	1512	596	94.34	68	Abbremsen
06:24:00	259	470	12.75	68	Ankunft in Horgen
06:24:05	324	399	13.53	68	Standlauf am Autosteg
06:24:10	324	397	13.47	68	Fahrzeugwechsel
06:24:15	367	396	15.22	68	Standlauf am Autosteg
06:24:20	367	397	15.26	68	Standlauf am Autosteg
Wiederholung des Zyklus gemäss Fahrplan					

Der Drehmomentverlauf (gemessen an der Antriebswelle) über mehrere Fahrzyklen (Hin- und Rückfahrt) ist auf der folgenden Seite im Anhang XII grafisch dargestellt.

Im Hinblick auf den Speicherbetrieb interessiert der Energiebedarf des Fährbetriebs:

Energiebedarf von Antrieb 1 des Fährschiffs MS „Zürisee“:

- Motorstart und Standlauf am Autosteg bis zur Abfahrt: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 1 schiebt: 34 kWh
- Standlauf am Autosteg beim Fahrzeugwechsel: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 1 zieht: 28 kWh
- Energieverbrauch pro Zyklus Antrieb 1: 68 kWh

Energieverbrauch von Antrieb 2 des Fährschiffs MS „Zürisee“:

- Motorstart und Standlauf am Autosteg bis zur Abfahrt: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 2 zieht: 28 kWh
- Standlauf am Autosteg beim Fahrzeugwechsel: 3 kWh
- Seequerung, Antrieb 2 schiebt: 34 kWh
- Energieverbrauch pro Zyklus Antrieb 2: 68 kWh

Gesamter Energiebedarf für den Antrieb: 136 kWh

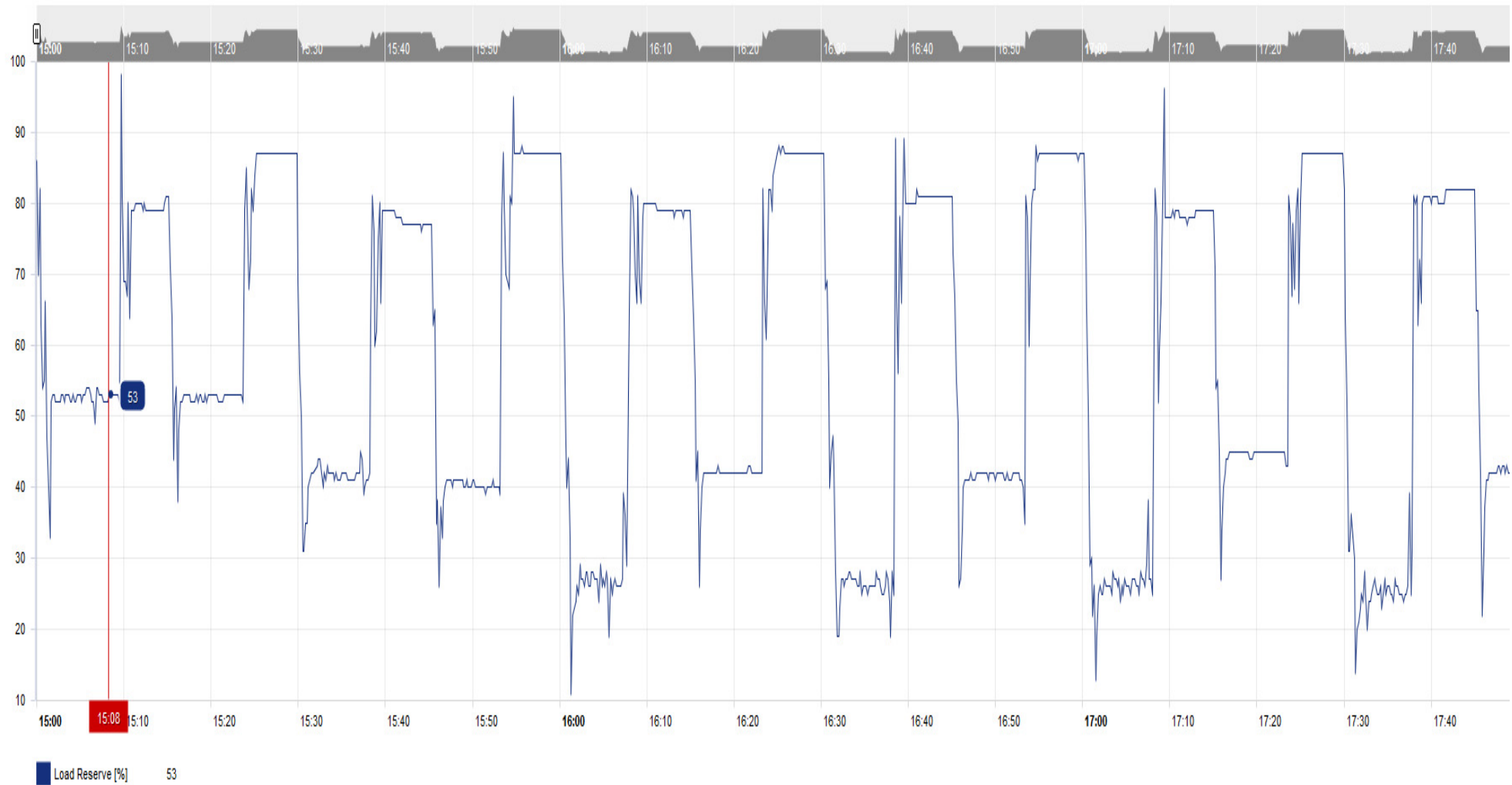
Energieverbrauch für die Hilfsbetriebe [8]: 14 kWh

Gesamter Energiebedarf der MS „Zürisee“ pro Fahrzyklus: 150 kWh

Anhang XII: Grafische Darstellung des Drehmomentverlaufs der MS „Zürisee“

FHM3 FS Zuersee Motor 1: Drehmoment 2015-03-05 15:00:00 - 2015-03-05 18:00:00

Schiff 1

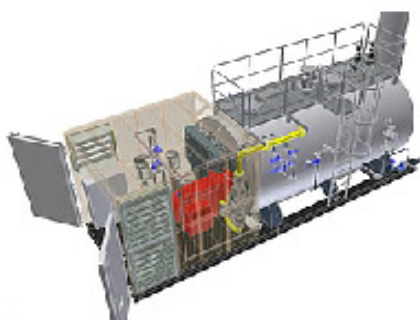


Anhang XIII: Beispiel eines mobilen Dampfcontainers



Mobiler Dampf / Dampfcontainer

Dampfcontainer DM 6000



Dampfcontainer DM 6000		
Dampfleistung	kg/h	3000 - 6000
Abmessungen L x B x H	mm	8160 x 3260 x 2980
Gewicht (ohne Heizöl / Wasser)	kg	29400
Medium	--	Settdampf / Heisswasser
Anspruchüberdruck SV	bar	bis 24 bar möglich
Einstellbereich Kessel	bar	Druckbereich: 4,5 - 22 bar oder VL 110°C - 180°C
Max. Betriebsdruck	bar	ca. 22 bar
Sicherheitstechn. Einrichtung	--	TRD 604 / 24h / EN 12953
Frostschutzeinrichtung	--	Ja
Fernüberwachung	--	optional
Stromanschluss	V / kW	400V / 15,0 kW + 13,5 kW
Kaminanlage 5-6 m.ü. G.	--	Edelstahlschornstein
Speisewasserzulauf	Flansch	DN 100/PN 16
Dampf - Heisswasser VL / RL	Flansch	DN 125/PN 40 / 2 x DN 150/PN 40
Abschlammung - Druckhaltung	Flansch	DN 40/PN 40
Gasanschluss	Flansch	DN 100/PN 16
Ölanschluss VL / RL	Zoll	1"

Technische Änderungen vorbehalten

Eigenschaften

- Kompakte Bauweise auf Rahmengestell
- Ausgerüstet mit Zweistoffbrenner
- Optimale Zugänglichkeit aller Armaturen
- Sehr hohe Druckstufen möglich
- Speziell für Langzeitmiete geeignet

Technische Beschreibung

Der Dampfcontainer DM 6000 ist eine sofort betriebsbereite Dampf- und Heisswasseranlage für den autarken Betrieb. Kompakt auf einem Rahmengestell montiert ist sie für den mobilen Einsatz geeignet. Ausgestattet mit zwei Speisepumpen und Weisshaupt Dualfeuerung kann sie wehlweise mit Leichtöl oder Erdgas betrieben werden. Externe Tankanlagen sowie Speisewasserbehälter und Wasseraufbereitung können optional mitgeliefert werden. Die Anlage wird über Festverrohrung mit dem bauseitigen System verbunden.

Seite 1 von 1

Rev02

Mobil in Time AG
Kompetenzpartner für mobile Energie
mobilintime.ch

24 h-Service-Hotline 0848 201 201

Anhang XIX: Email KVA Horgen mit Preisangebot

Am 03.07.2015 um 15:49 schrieb Romano Wild:

Sehr geehrter Herren

Herr Leuthold hat mich gebeten Ihnen die Eckdaten unserer Dampfproduktion zu übermitteln. Wir werden in Zukunft rund 18 t/h Dampf bei 29 bara und 380°C produzieren. Mit diesem Dampf erzeugen wir elektrischen Strom und koppeln je nach Bedarf auf verschiedenen Druckniveaux Dampf für die Fernwärme aus. Für ihren Bedarf würden wir wohl direkt Frischdampf ab dem Kessel verwenden müssen, da die höchste Auskopplung von Dampf bei 13 bara möglich ist. Der Preis für Wärme liegt bei ca. 50 Fr./MWh.

Im Anhang sende ich Ihnen noch den Energiefluss von 2014, welcher jedoch nicht mehr repräsentativ für die Zukunft ist, da wir die Ofenlinie 1 ausser Betrieb genommen haben.

Freundliche Grüsse

Romano Wild

Zweckverband für Abfallverwertung im Bezirk Horgen

Zugerstrasse 165

8810 Horgen

Tel.: 0041 44 718 24 30/11

Fax: 0041 44 718 24 44

romano.wild@zvho.ch

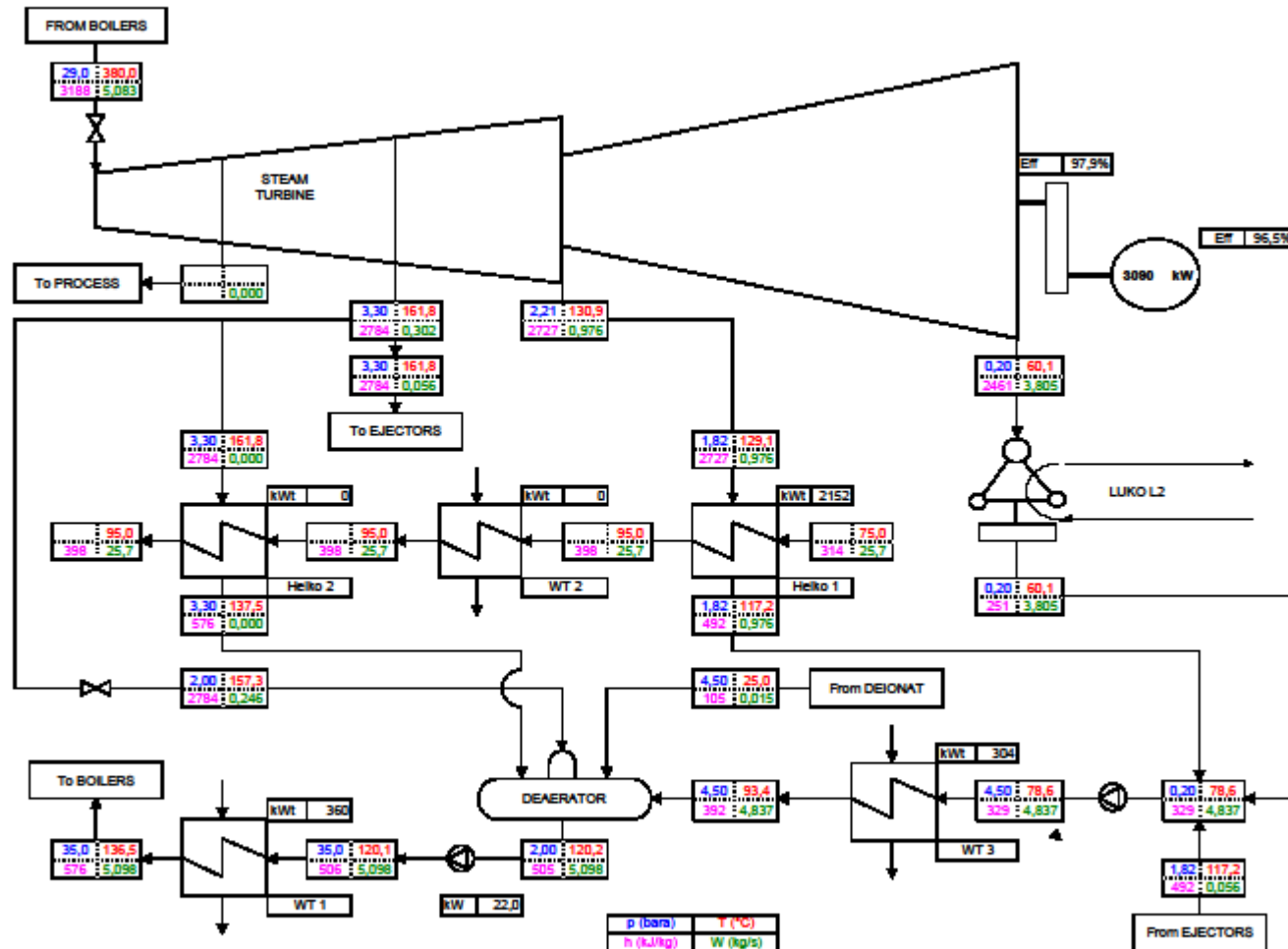
www.zvho.ch

Anhang XX: Aktuelle Energiebilanz der KVA Horgen



HEAT BALANCE SIMPLIFIED - Sommer

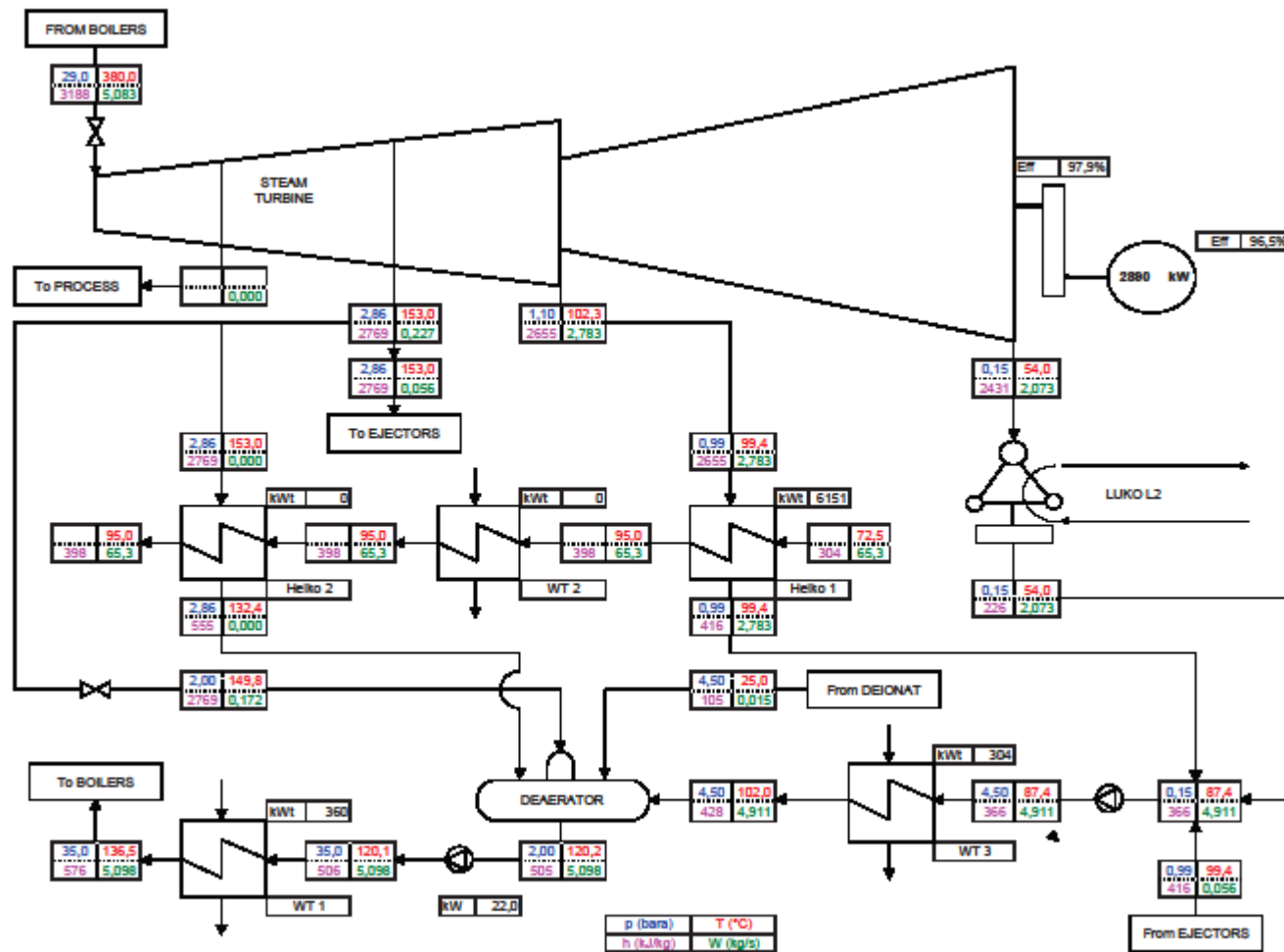
18/11/2014



Q8203150 Heat Balance Rev10.xls

For information only

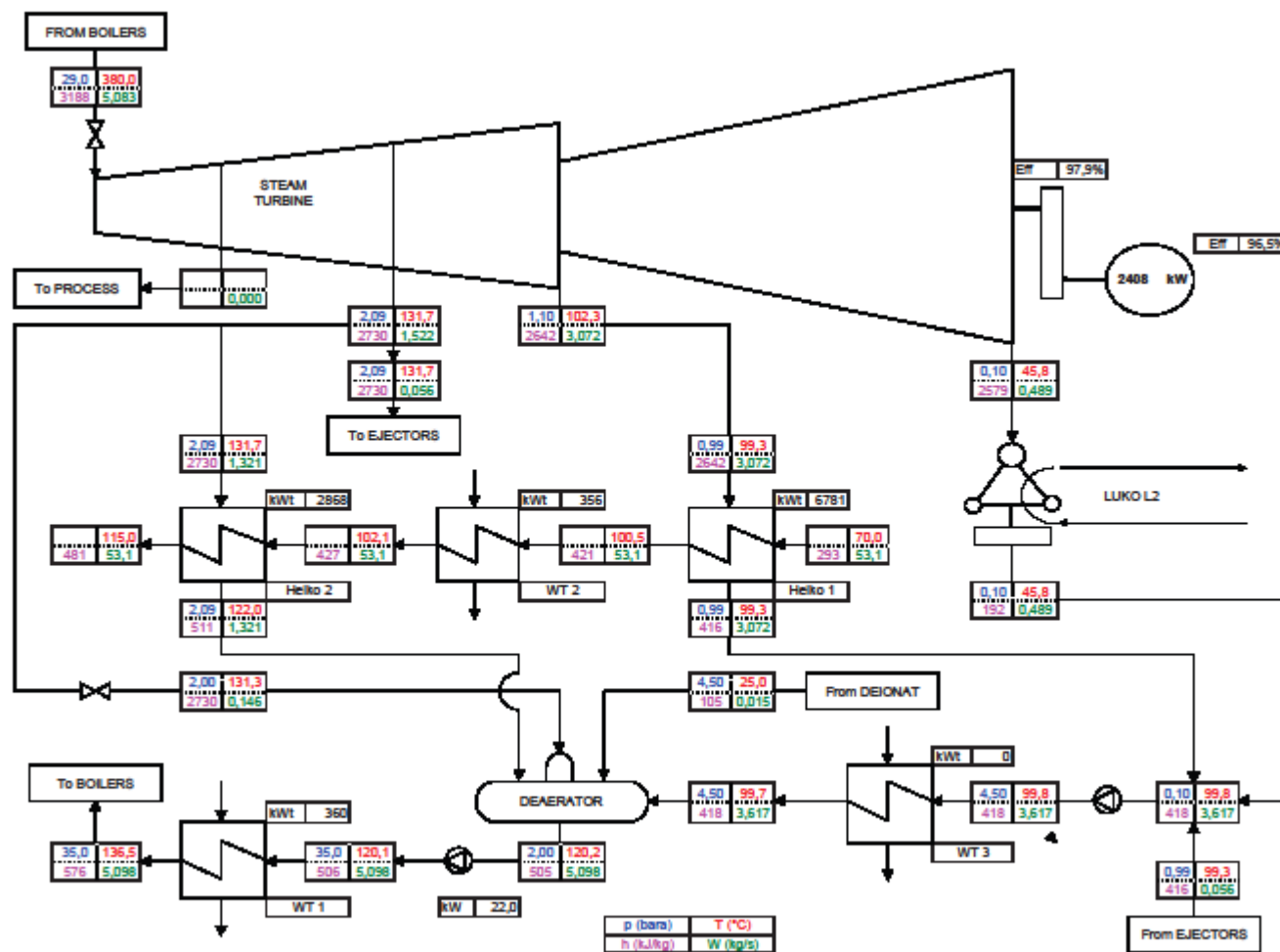
PAGE 1 OF 6

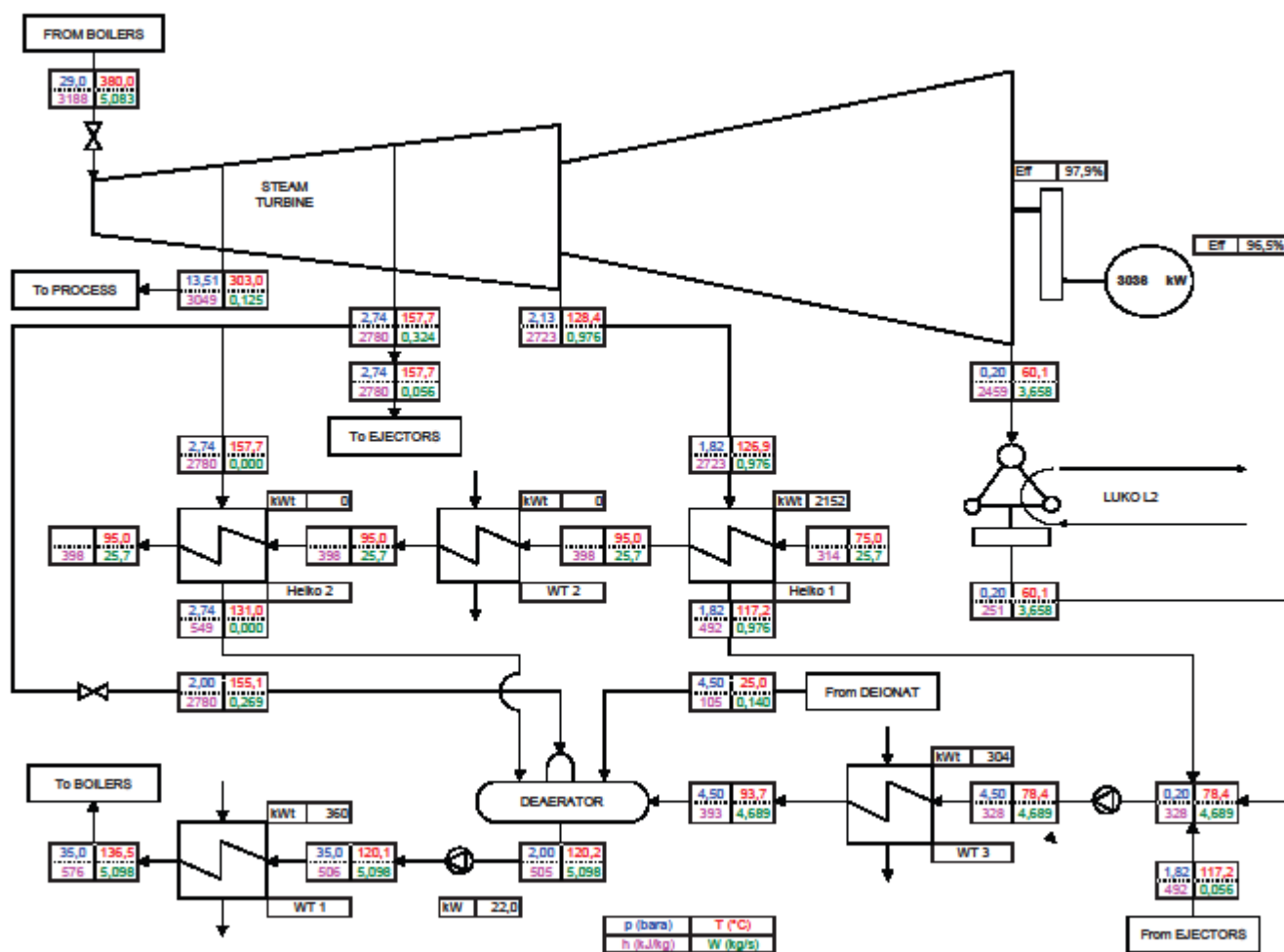


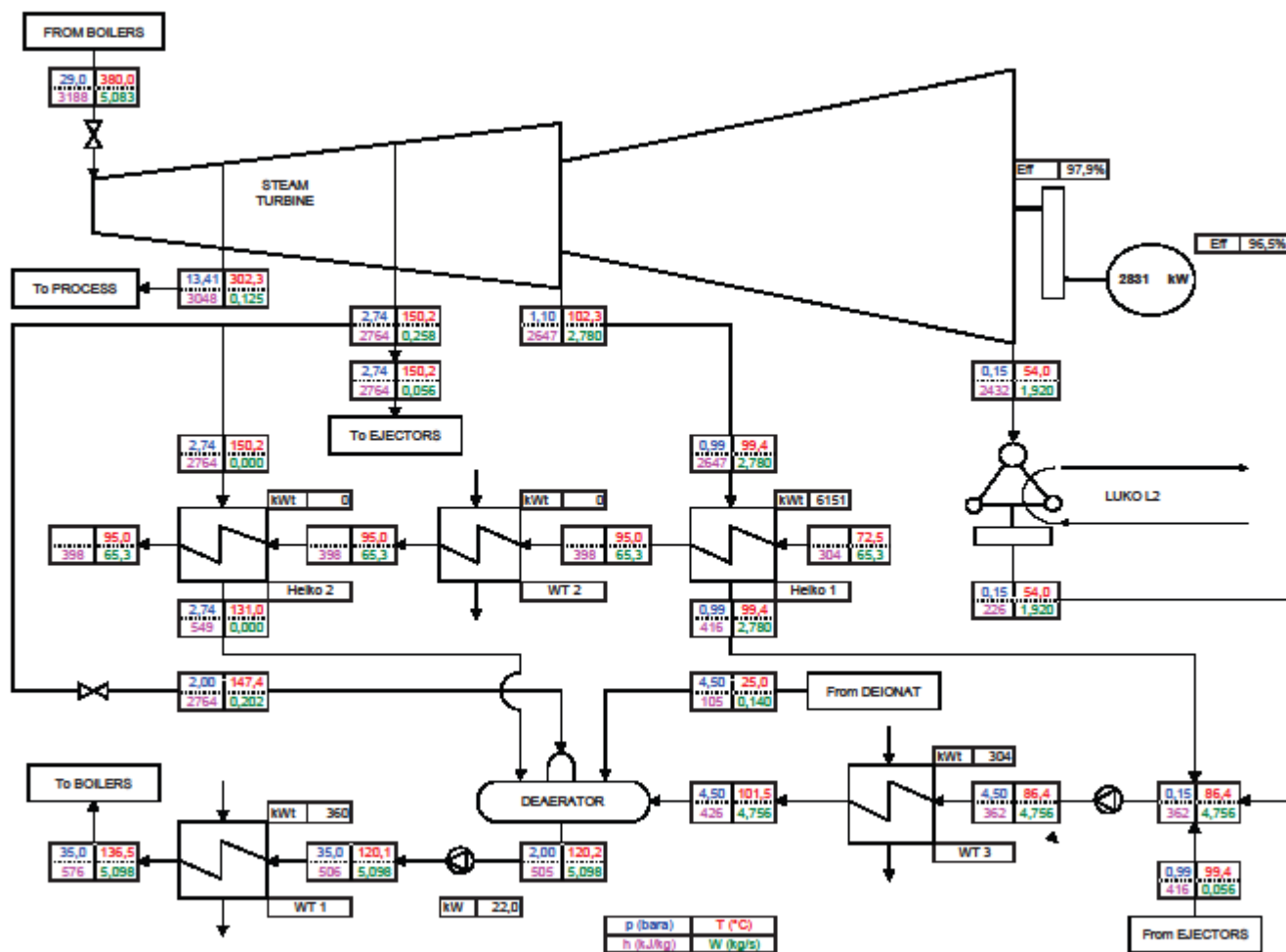
Q8203150 Heat Balance Rev10.xls

For information only

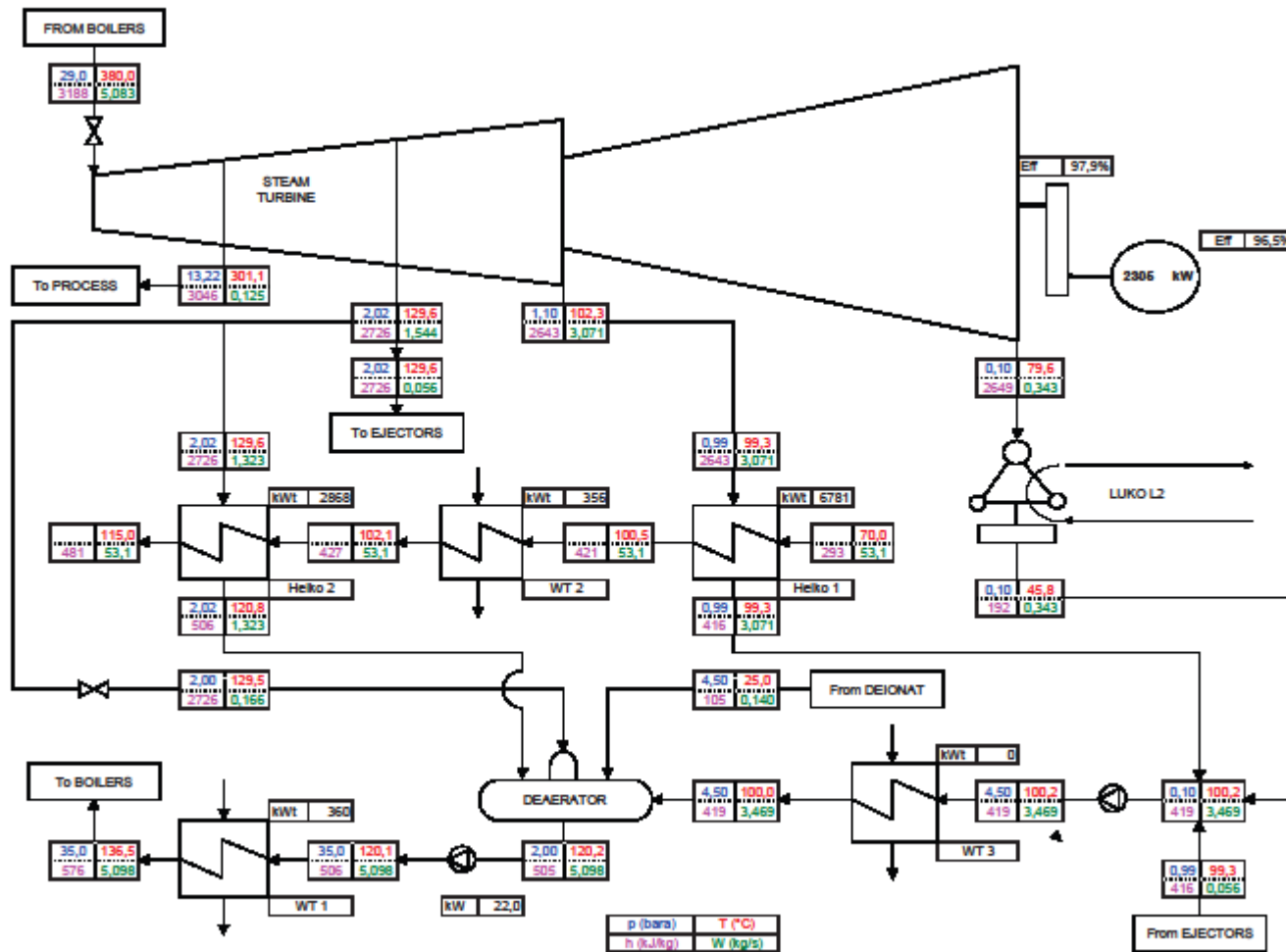
PAGE 2 OF 6







PAGE 5 OF 6



PAGE 6 OF 6

Projekt 032_Willy Frank Diesel-Dampf-Zürichsee Phase 1: Die Identifizierung einer nachhaltigen Energiequelle zur Dampfproduktion

Thema	Untersuchte Fragen	Nicht untersuchte, d.h. offene Fragen	Stellungnahme BAV
1. Abklärungen Fahren	✓ Energie- und Dampfverbrauch pro Fahrt ✓ Jahresenergie- und Dampfverbrauch der Fahren ✓ Energieverbrauch pro Stunde bei Vollbetrieb (alle 5 Minuten eine Fahrt)	1. Wie sieht der Energieverbrauch des Hilfsbetriebs bei einem Betrieb mit Dampf aus? Weil die Druckluftversorgung für die Abgasreinigung entfällt, reduziert sich der Hilfsenergiebedarf auf etwa 7 kWh. Diese kann mit einem kleinen Dieselmotor oder mit Solarzellen und Batterie gedeckt werden. 2. Der komplette elektrische Energiebedarf der Fahren soll über eine Batterie erfolgen. Welche Leistung wird benötigt? Muss evtl. das E-System der Fahren auf Batteriespeicher (24V und Wechselrichter) umgebaut werden? Nein, nicht notwendig. 3. Die Deckung des Hilfsenergiebedarfs mit Solaranergie oder anderen erneuerbaren Energieträgern wird erwähnt. Wie sind diese zu dimensionieren? Auslegung erfolgt in der Phase 2 und 3. 4. Auf einen Standlauf der Motoren an der Anlagestelle kann aus Sicht BAV nicht verzichtet werden, da beim jetzigen Konzept die Fahren gegen die Kaimauer (Anlagekopf) gedrückt und somit zum Be- und Entladen positioniert wird. Die Taue sind eine zusätzliche Sicherheit. Somit wird weiterer Dampf benötigt. Gibt es eine Lösung zu diesem Problem? Wegen der Dampfboilertankung und dem unnötigen Energieverbrauch beim Andrücken empfiehlt sich aus unserer Sicht eine feste Verankerung wie bei der Autofähre Gersau- Beckenried (die Motoren werden dort abgestellt). Alternativ werden wir bei der Phase 2 und 3 auch die Variante mit Andrücken berechnen.	1. Im Bericht zur Phase 1 mit diesem Detaillierungsgrad ergänzen. i.O. 2. Im Bericht zur Phase 1 mit Begründung ergänzen. i.O. 3. OK. 4. OK, Die Feste Verankerung muss mit Fahrbetreiber diskutiert werden Einverstanden, Phase 2 und 3
2. Abklärungen KVA Horgen	✓ Jährliche Dampfproduktion bei zwei Turbinen (Ältere Literaturangabe)	5. Warum wurde mit dem KVA-Betreiber nicht Kontakt aufgenommen? Eine erste, positiv verlaufene Besprechung fand am 23. Juni 2015 mit Herrn Theo Luthold, Gemeindevorstand von Horgen und Präsident des Zweckverbandes für Abfallverwertung im Bezirk Horgen statt. Die technischen Fragen wurden nachher mit Herrn Romano Wild schriftlich und mündlich geklärt, siehe Literatur und Quellen, Seite 14, 11 und 12. 6. Sind die KVA-Betreiber an dem Projekt interessiert? Ja, es besteht sogar ein Angebot für die Dampfproduktion 7. Wie sieht die heutige Jahresproduktion (nur noch eine Turbine vorhanden) von Dampf aus? Die im Bericht Seite 12 verwendeten Daten sind aktuell mit nur einer Ofenlinie. 8. Wie ist der Dampf über das Jahr und über den Tag zeitlich verfügbar? Das Werk produziert 24 Stunden pro Tag, aber über's Jahr gesehen nicht unterbrechungsfrei seit nur noch eine Ofenlinie in Betrieb ist. Lösungen dazu sind auf Seite 13 oben aufgeführt. 9. Wie ist die KVA durch bestehende Verbraucher (Fernheizwerk) ausgelastet? Wieviel Dampf hat die KVA im Winter und Sommer übrig? Nach Werksangaben beläuft sich die nicht nutzbare Energieproduktion auf 42.84%. 10. Was wird der Dampf kosten? Muss verhandelt werden, die Grössenordnung liegt bei 5 Rappen pro kWh 11. Wer soll die Energiezentrale in Horgen betreiben? Wurde noch nicht diskutiert. In Frage kommen die KVA, die Fahren oder ein Dritter	5. Das Sitzungsprotokoll und die schriftlichen Erklärungen sind im Anhang des Berichts aufzuführen. Über die Besprechung mit Herrn Luthold wurde kein Protokoll geführt. 6. Das Angebot zur Dampfproduktion ist im Bericht zu zitieren, besser noch im Anhang des Berichts aufzuführen. Siehe Anhang XIX 7. OK 8. Diese Frage muss in der Phase 1 geklärt und entsprechend dokumentiert werden: Siehe Anhang XX 9. Die Fragen der Auslastung und der Verteilung der verfügbaren Energie müssen in Phase 1 geklärt und im Bericht dokumentiert werden. Siehe Anhang XIX; je nach Dimensionierung des Zwischenspeichers werden 5 bis 8 t/h Dampf von den produzierten 18 t/h benötigt. 10. Die ungefähren Dampfpreise sind im Bericht der Phase 1 zu erwähnen Siehe Anhang XIX 11. Diese Frage muss geklärt werden. Ob die Fahrengesellschaft dazu in Frage kommt ist ebenfalls abzuklären? Aus unserer Sicht ist der Zeitpunkt für diese Abklärungen zu früh. Wer die Energiezentrale betreiben wird, ist für das Projekt sekundär. Ein Betreiber wird sich finden; es gibt mehrere Firmen, die auf Energie-Contracting spezialisiert sind.
3. Abklärungen zur Dampfleitung	✓ Zwei Streckenführungen mit Gesamtlängen von 1.4 und 2.5 km Länge angegeben (kein	12. Was kosten die beiden Leitungen? (Kriterium für das Projekt)? Die technischen und wirtschaftlichen Aspekte sind Teil der Phasen 2 und 3.	12. OK, wird in Phase 3 bearbeitet

	Plan dazu)	Im Gegensatz zu den bestehenden Fernwärmeleitungen, die nur im Winter genutzt werden, würde die Fernwärmeleitung der Fähren ganzjährig genutzt. 13. Sind die Leitungen überhaupt realisierbar? Ja, es gibt bereits ein bestehendes Fernwärmenetz in Horgen. 14. Lässt das Baureglement solche Anlagen zu? Ja, es gibt bereits ein bestehendes Fernwärmenetz in Horgen. 15. Wie stellt sich die Gemeinde (Bauverwaltung) zu diesem Projekt? Wurde noch nicht diskutiert, Teil der Phasen 2 und 3.	13. Im Bericht der Phase 1 aufnehmen. Siehe Ergänzungen im Kapitel 5.2 14. Im Bericht der Phase 1 etwas detaillierter aufnehmen. Siehe Ergänzungen im Kapitel 5.2 15. Ein erstes Gespräch mit der Bauverwaltung muss in Phase 1 erfolgen. Ihre Haltung im Bericht zur Phase 1 vermerken. Dies erscheint uns als zu früh, zumal für die Dampferzeugung mehrere Alternativen genannt werden, sollte die Fernwärmeleitung aus welchen Gründen auch immer nicht realisiert werden können.
4. Abklärungen zu Zwischenspeicher	✓ Es wird erwähnt, dass ein Zwischenspeicher zur schnellen Botankung erforderlich sein könnte	16. Wie gross müssen diese Zwischenspeicher sein und was würden sie kosten? Dimensionierungen sind Teil der Phasen 2 und 3 17. Wo können diese vor Ort stationiert werden? Ditto 18. Wer soll diese betreiben? Ditto.	16. Die Machbarkeit eines solchen Zwischenspeichers muss in Phase 1 geprüft sein. Dazu gehört eine grobe Schätzung der Dimensionierung. Heisswasserspeicher sind in der Industrie handelsüblich. Die Dimensionierung erfolgt in den Phasen 2 und 3. Weitergehende Abklärungen erfolgen in den Phasen 2 und 3 17. Siehe unter 16 dfo. 18. Siehe unter 16 dfo.
5. Abklärungen zur Botankungsdauer	✓ Anforderung: 800 kg Dampf müssen in weniger als 5 Minuten getankt werden können	19. Ist eine Botankung unter diesen Bedingungen überhaupt möglich? Dimensionierungen sind Teil der Phasen 2 und 3 Gibt es Beispiele oder plausible Gründe?	19. Auch hier erwarten wir analog zum Punkt 16 eine grundsätzliche Aussage zur Machbarkeit in Phase 1. Sollte ein Anschluss nicht genügen, machen wir zwei oder drei parallel. Die Dimensionierung ist dann in der Phase 2 vorzunehmen.
6. Abklärungen zur Botankungsanlage	✓ Anforderung der automatischen Botankung ✓ Angabe, dass zwei Botankungsstellen notwendig sind	20. Bei wechselnden Seewasserständen und sich bewegendem Schiff durch Wind und Beladen müssen 5 unterschiedliche Schiffe automatisch betankt werden können (Spiel in alle Richtungen von ca. 0.5 m). Wie kann eine automatische Botankung, welche diese Anforderungen erfüllt, aussehen? Wird im nächsten Teil der Studie abgeklärt. Ideen für diese anspruchsvolle Aufgabe sind vorhanden. Als Hinweis möge genügen, dass Flugzeuge in der Luft betankt werden können. 21. Wie gelangen die Schiffe vom Nachtlagplatz zum Botankungsport (Auto Stg)? Mit eigener Kraft, also mit Dampf aus dem Druckbehälter an Bord. Der Druck bleibt über Nacht weitgehend erhalten. 22. Müssen die Fähren geschleppt werden, wenn sie nach einer Reparatur von der Werft zurückkehren? Nicht unbedingt, eine kleine mobile Dampfanlage würde genügen.	20. Die Darstellung der vorhandenen Ideen wird dazu dienen die Bedenken an der Machbarkeit zu zerstreuen. Das Beispiel der Flugzeuge scheint uns etwas weit hergeholt und wohl kaum vergleichbar! Gibt es keine näherliegenden Beispiele? Von der Flugzeugbotankung kann die Kupplungsmechanik übernommen werden, da sie automatisch funktioniert und selbsttätig zentriert. Weitergehende Abklärungen hierzu erfolgen in Phase 2. 21. Eine Schätzung über die Zeitdauer der Betriebsbereitschaft der Dampfschiffe ist anzugeben. Nach wieviel Stunden/Tagen ist noch ein sicheres Verlegen des Schiffes vom Liegeplatz zum Anlegeplatz möglich? Ohne Zusatzheizung ca. drei Tage bzw. 72 Stunden. Mit (elektrischer) Zusatzheizung (ähnlich wie bei Dieselmotoren) zur Kompensation der geringen Abstrahlungsverluste beliebig lange. 22. Wenn eine solche mobile Dampfquelle ins Auge gefasst wird, soll diese auch näher untersucht werden (in Phase 2 und 3). Eine Aussage dazu mit Kostenidee ist im Bericht der Phase 1 nötig. Siehe Anhang XIII



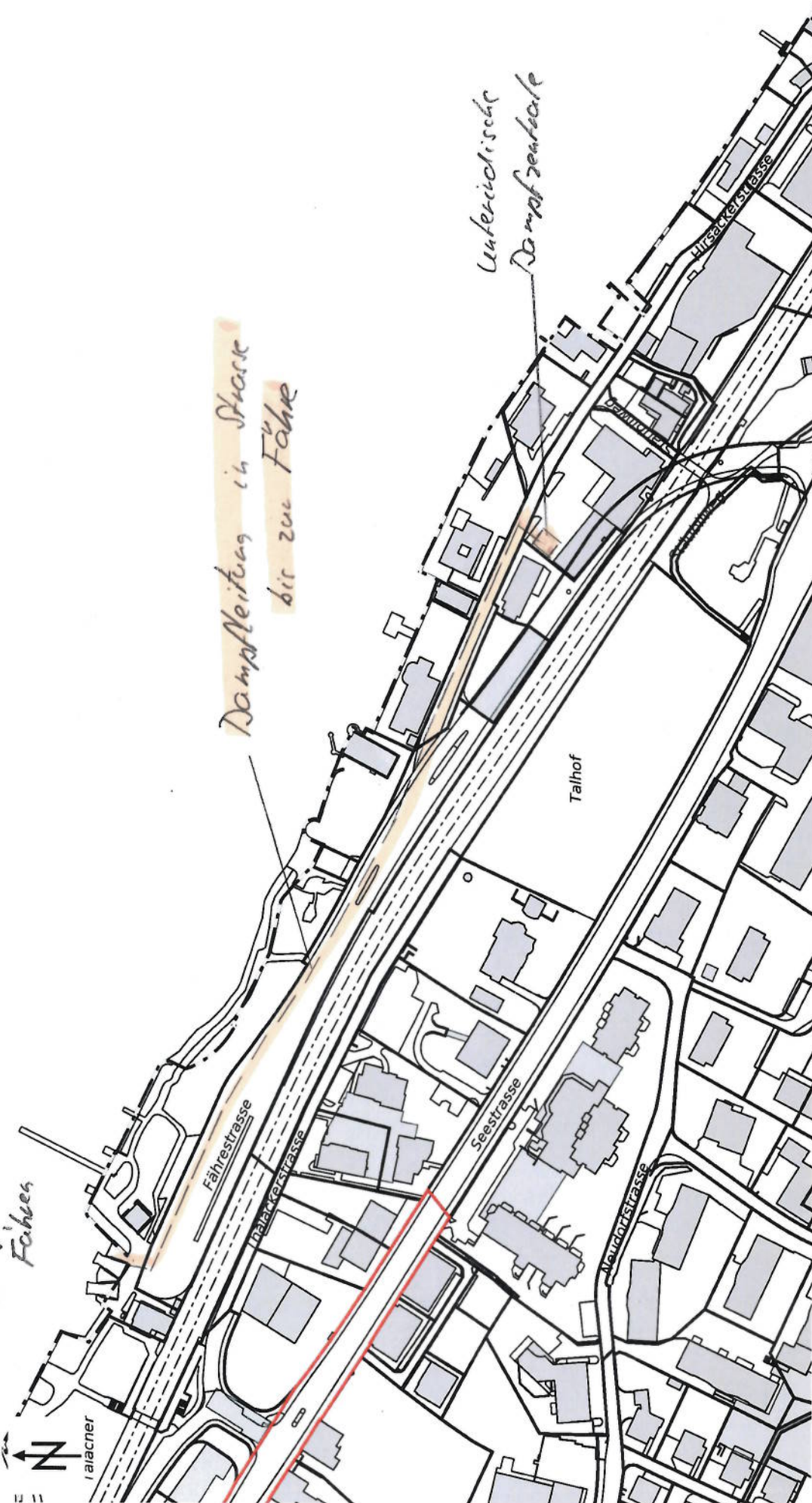
Kanton Zürich
GIS-Browser (<http://maps.zh.ch>)

Amtliche Vermessung in schwarz/weiss



Leitungsführung (Dampf)
zur Anlagestelle der Fähre

*Anlagestelle
Fähre*



© GIS-ZH, Kanton Zürich, 15.04.2016 15:40:06

Diese Karte stellt einen Zusammenschau von amtlichen Daten verschiedener Stellen dar. Keine Garantie für Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität. Rechtsverbindliche Auskünfte erteilen allein die zuständigen Behörden. Kartasterpläne Amtliche Vermessung können beim örtlichen Nachführungs-Geometer bezogen werden.

Massstab 1:2000
0 20 40 60m

Zentrum: [688436.36;234804.28]

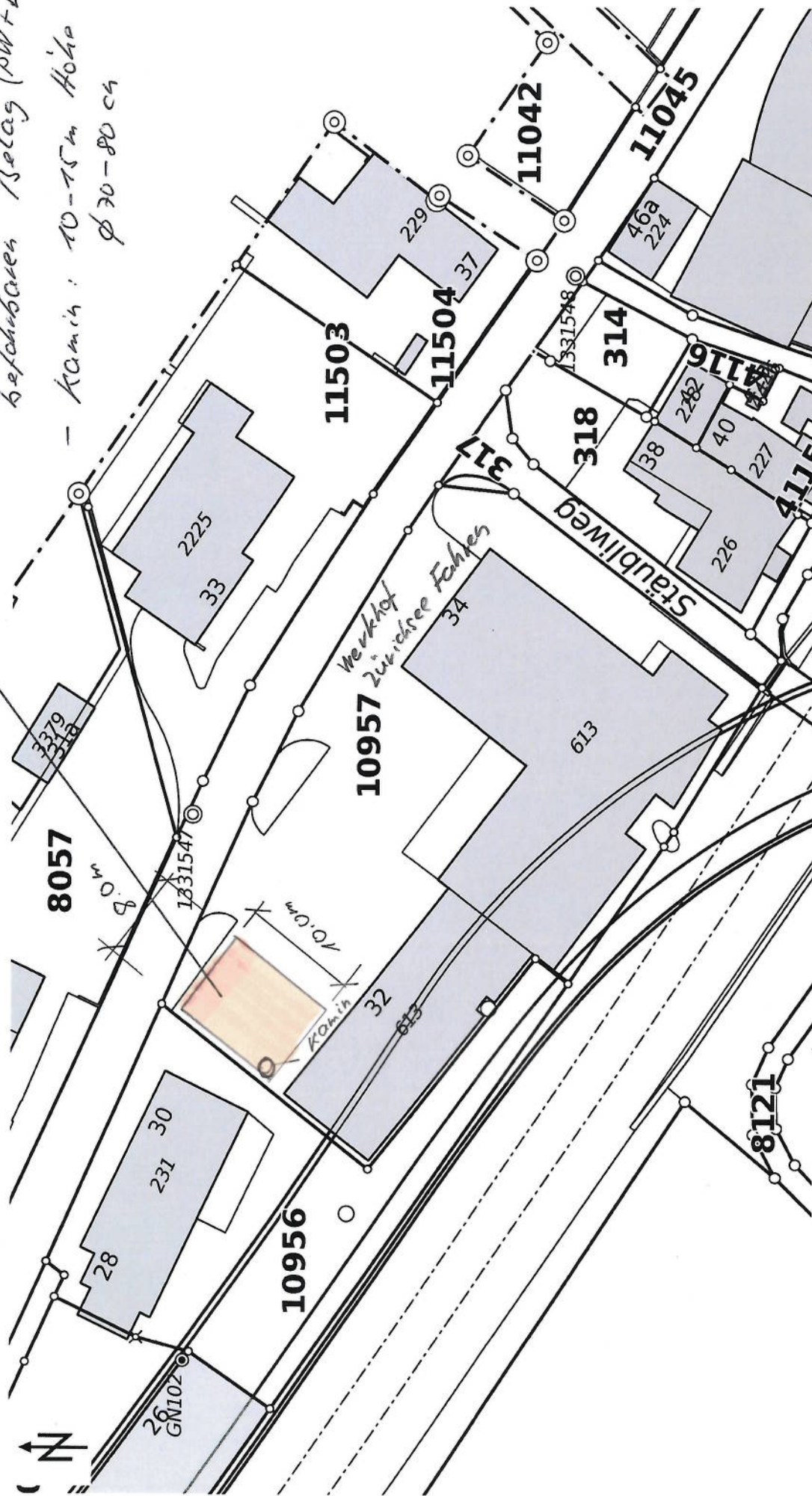


Kanton Zürich
GIS-Browser (<http://maps.zh.ch>)

Amtliche Vermessung in schwarz/weiss

Unterirdische Dampfzentrale

- Fläche: $10 \times 8.0m$
- Tiefe: $3.50m$
- Betongebäude mit befahrbarer Belag (PWT+LKW)
- Kamin: $10-15m$ Höhe $\varnothing 70-80cm$



© GIS-ZH, Kanton Zürich, 15.04.2016 15:35:47

Diese Karte stellt einen Zusammenschluss von amtlichen Daten verschiedener Stellen dar. Keine Garantie für Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität. Rechtsverbindliche Auskünfte erteilen allein die zuständigen Behörden. Katasterpläne Amtliche Vermessung können beim örtlichen Nachführungs-Geometer bezogen werden.

Massstab 1:500
0 5 10 15m

Zentrum: [688537.03,234740.5]