

# Regionale Klärschlamm Entsorgung am Beispiel des Kantons Zürich

## Klärschlammverwertungsanlage Zürich-Werdhölzli

*Michael Wehrli*

### **Zusammenfassung**

Im Kanton Zürich wird heute rund 100'000 Tonnen entwässerter Klärschlamm aus 104 Kläranlagen in 9 Entsorgungsanlagen verbrannt. Die angewendeten Verfahren sind Mitverbrennung in Kehrichtverbrennungsanlagen, Monoverbrennung sowie Trocknung mit anschliessender Verbrennung in einem Zementwerk. Ab Mitte 2015 soll der gesamte Klärschlamm in einer neuen, zentralen Klärschlammverwertungsanlage behandelt werden. Die neue Anlage basiert auf einem Monoverbrennungskonzept mit Wirbelschichtfeuerung. Damit wird der enthaltene Phosphor in der Asche aufkonzentriert und kann später daraus zurückgewonnen werden. Zudem können der Energieinhalt des Schlammes optimal genutzt und die Entsorgungskosten gesenkt werden.

Als Resultat eines Standortwettbewerbs wird die neue Klärschlammverwertungsanlage am Standort Klärwerk Werdhölzli Zürich gebaut. Entsorgung + Recycling Zürich hat den Auftrag zur Realisierung der KSV im Juli 2011 als Totalunternehmerauftrag ausgeschrieben. Die Inbetriebsetzung ist auf Mitte 2015 geplant.

### **Bisherige Situation im Kanton Zürich**

Der Kanton Zürich ist der bevölkerungsreichste Kanton in der Schweiz. Die rund 1,4 Millionen Einwohner erzeugen pro Jahr 250 Millionen Kubikmeter Abwasser. Das Abwasser wird in 104 öffentlichen Kläranlagen gereinigt. Ein Teil der Kläranlagen wird von Kommunen betrieben, der andere Teil von regionalen Zweckverbänden.

Bei der Abwasserreinigung fallen jährlich rund 100'000 Tonnen ausgefaulter, entwässerter Klärschlamm an.

## ARA-Einzugsgebiete im Kanton Zürich

Klärschlammfall in ARA  
des Kt. Zürich im Jahr 2009.

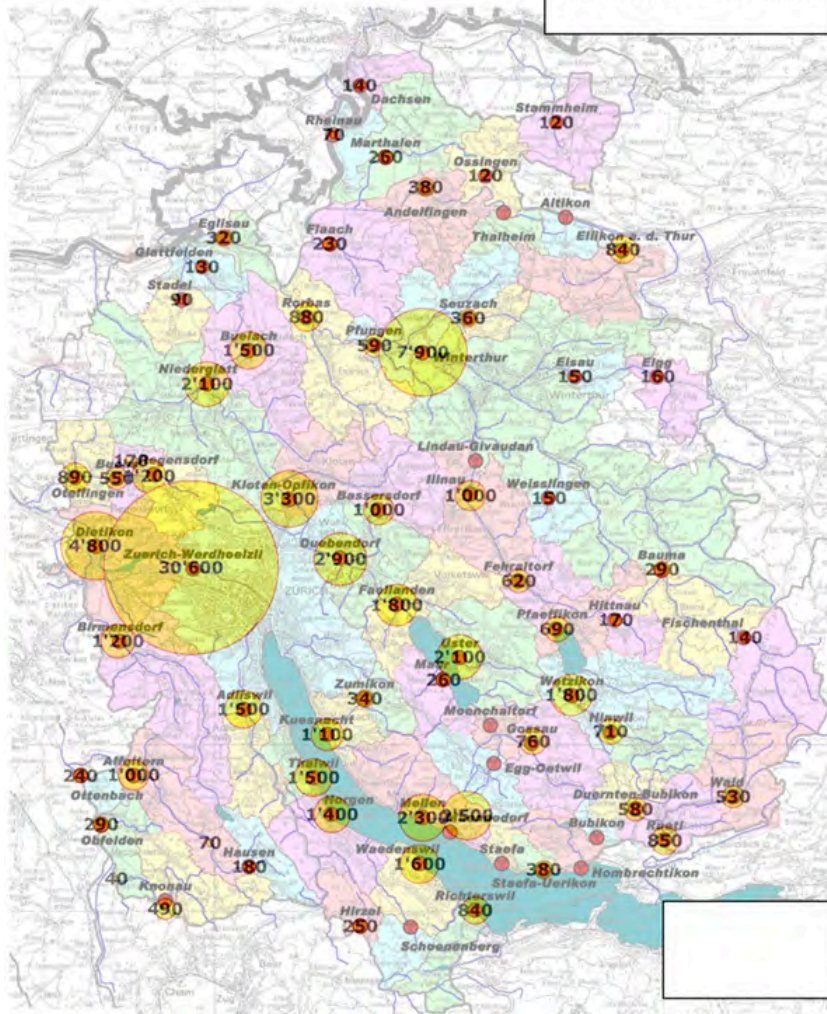


Bild 1: Klärschlamm mengen im Kanton Zürich

Früher wurde ein grosser Teil davon landwirtschaftlich als Dünger verwertet. Seit dem 1. Oktober 2006 besteht in der Schweiz aber ein Verbot der Ausbringung von Klärschlamm in die Landwirtschaft. Aufgrund einer Risikoabschätzung wurde damals entschieden, dass der Schaden, der den Böden mittelfristig mit Schadstoffen aus dem Klärschlamm zugefügt würde, grösser einzustufen ist als der Nutzen, der aus der Düngung mit Klärschlamm erwartet werden kann. Klärschlamm gilt heute als Siedlungsabfall. Die Kantone sind nach schweizerischer Gesetzgebung beauftragt, einen Entsorgungsplan zu erstellen. Vorgeschieden ist, den Bedarf, die Kapazitäten und Entsorgungsstandorte aufzuzeigen und diese laufend zu aktualisieren. Zudem sind Einzugsgebiete für die Abfälle aus der öffentlichen Abwasserreinigung festzulegen und der wirtschaftliche Betrieb der Entsorgungsanlagen sicherzustellen.

Der Regierungsrat des Kantons Zürich hat bereits 2003 festgelegt, welche Grundsätze für die Klärschlamm Entsorgung unter den neuen Rahmenbedingungen gelten. Dabei wurde unter Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Kriterien insbesondere Gewicht auf die Entsorgungssicherheit gelegt. Zur Entsorgung wurde der entwässerte Klärschlamm aller Kläranlagen im Kanton an folgende Aufbereitungs- und Entsorgungsanlagen zugewiesen:

- 4 Kehrichtverbrennungsanlagen zur Mittverbrennung des Schlammes mit Kehricht
- 2 Schlammmonoverbrennungsanlagen

- 3 Schlamm Trocknungsanlagen mit anschliessender Verbrennung des Granulats in Zementwerken.

## **Planung der zukünftigen Klärschlamm Entsorgung im Kanton Zürich**

Zur langfristigen Sicherstellung der Klärschlamm Entsorgung im Kanton Zürich hat die Regierung 2007 das kantonale Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) beauftragt, die Grundlagen für ein koordiniertes Entsorgungskonzept zu erarbeiten.

Als Rahmenbedingungen für das Konzept galten verschiedene Vorgaben.

- Phosphorrückgewinnung  
Im Sinne einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft ist die Planung zukünftiger Entsorgungswege so auszurichten, dass die spätere Rückgewinnung des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors möglich ist. Diese Forderung wird auch in der schweizerischen Gesetzgebung aufgenommen. Sie ist in der revidierten Technischen Verordnung über Abfälle enthalten, welche in den nächsten Jahren in Kraft gesetzt wird.
- Energienutzung  
Die im Klärschlamm enthaltene erneuerbare Energie soll unabhängig vom Ort der Behandlung optimal genutzt werden.
- Entsorgungskosten  
Die zukünftige Entsorgung soll für die Kläranlagen wirtschaftlich, zu marktgängigen Preisen erfolgen.
- Entsorgungssicherheit  
Die Entsorgungssicherheit für den kantonalen Klärschlamm muss jederzeit gewährleistet sein.

Für die Erarbeitung des Konzepts hat das AWEL eine Planungsgruppe ins Leben gerufen, die sich in Interviews, Workshops und Sitzungen aktiv am Planungsprozess beteiligt hat. Die Gruppe setzte sich zusammen aus Vertretern des AWEL, aller bisherigen Aufbereitungs- und Entsorgungsanlagen und einer externen Projektleitung. In einem schrittweisen Vorgehen wurden der Ist-Zustand erfasst, Optionen abgeklärt, Lösungsvarianten erarbeitet und die Entscheidungsgrundlagen formuliert.

Die erarbeiteten Resultate der Planungsgruppe führten zu folgenden Realisierungsentscheidungen:

- Im Kanton Zürich kommt die Monoverbrennung des Klärschlammes zur Anwendung. Damit wird der enthaltene Phosphor in der Asche aufkonzentriert und kann später daraus zurückgewonnen werden.
- Für die benötigte Kapazität von 100'000 Tonnen entwässertes Klärschlamm pro Jahr wird eine einzige, zentrale Klärschlammverwertungsanlage realisiert. Durch den Bau einer grossen anstelle von zwei kleineren Verwertungsanlagen kann ein günstigerer Entsorgungspreis erzielt werden.
- Der Regierungsrat wird den gesamten Klärschlamm des Kantons Zürich der zentralen Verwertungsanlage zuweisen. Damit wird die Auslastung der Anlage gewährleistet.
- Die Eigentümerin des Grundstücks, auf dem die Klärschlammverwertungsanlage zu stehen kommt, wird die Anlage finanzieren, bauen und betreiben.
- Die Kostentransparenz gegenüber den anliefernden Kläranlagen ist durch die Anlagenbetreiberin sicherzustellen.

## Standortwahl für die zentrale Klärschlammverwertungsanlage

Nachdem die Konzeptentscheide gefallen waren, haben sich vier Trägerschaften mit total fünf Standorten für die Realisierung der zentralen Klärschlammverwertungsanlage interessiert.

- Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ) mit den Standorten Kehrichtheizkraftwerk Hagenholz Zürich und Klärwerk Werdhölzli Zürich
- Kehrichtverwertung Züricher Oberland (KEZO) mit dem Standort Kehrichtverbrennungsanlage Hinwil
- Interkommunale Anstalt Limeco mit dem Standort Kehrichtheizkraftwerk Dietikon
- Stadt Winterthur mit dem Standort Kläranlage Hard Winterthur

Jede Trägerschaft hat für ihre Standorte eine Machbarkeitsstudie erstellt. Darin wurde vertieft untersucht, wie der Klärschlamm in einer Monoverbrennungsanlage verwertet und wie eine solche Anlage optimal in die bestehende Infrastruktur eingegliedert werden kann. Um die Studien vergleichen zu können, wurden die verfahrenstechnischen Konzepte für alle Standorte gleich vorgegeben, die Rahmenbedingungen genau definiert und der Aufbau der Dossiers standardisiert.

Die Beurteilung der Standorte erfolgte durch ein Projektteam bestehend aus Behördenvertreter, Vertreter aller interessierten Trägerschaften und Vertreter der bisherigen Klärschlammverwerter. Die Beurteilungskriterien wurden bereits vor der Erstellung der Studien durch die Planungsgruppe festgelegt.

- Wirtschaftlichkeit (50%)  
Prognostizierte Verwertungskosten pro Tonne entwässerter Klärschlamm unter Einbezug der Energieerlöse, Betriebsmittelkosten, Entsorgungskosten der Asche usw.
- Energienutzung (10%)  
Absolutbetrag der jährlich genutzten Energie im vorgeschlagenen Standortkonzept.
- CO<sub>2</sub>-Bilanz (15%)  
Ausstoss oder Einsparung an Klimagasen, umgerechnet auf CO<sub>2</sub>-Äquivalente, pro Tonne entsorgtem Klärschlamm
- Transportaufwand (15%)  
Jährliche Tonnenkilometer und LKW-Stunden durch die Anlieferung des entwässerten Klärschlammes aus dem ganzen Kanton an den Entsorgungsstandort.
- Platzreserven (10%)  
Verfügbarkeit des voraussichtlichen benötigten Areals für (a) eine später direkt anschliessende Anlage zur Ascheaufbereitung für die Phosphorrückgewinnung und (b) den Übergangslosen Ersatz der Klärschlammverwertungsanlage nach Erreichen ihrer Lebensdauer.

Die Studien unterschieden sich beim Schlüsselkriterium Wirtschaftlichkeit nur um einige Franken pro Tonne Klärschlamm. Da die Planungsgenauigkeit bei allen Standorten identisch war, ergab sich für dieses Kriterium trotzdem eine eindeutige Reihenfolge. Die wesentlichen Unterschiede traten bei den ökologischen Kriterien auf. Die Energienutzung und die CO<sub>2</sub>-Reduktion sind dann am grössten, wenn am Standort bereits eine Infrastruktur zur Energienutzung vorhanden ist, die verwendet werden kann. Bei den Transporten schnitten die kantonsperipheren Standorte erwartungsgemäss schlecht ab. Entscheidend ist hier die Nähe des Standorts zum Hauptanfall des Klärschlammes.

Die Gesamtauswertung des Standortvergleichs ergab:

Standort	Hauptbewertung	Sensitivitätsanalyse	
		Ökologie vor Preis	Alle gleich mit 20%
Klärwerk Werdhölzli	91	82	86
Standort B	86	73	78
Standort C	75	63	69
Standort D	58	39	49
Standort E	35	0	8

In der Hauptbewertung mit der oben beschriebenen Gewichtung der Kriterien schnitt der Standort Klärwerk Werdhölzli Zürich am besten ab. Zur Verifizierung des Resultates wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Zum einen wurde die Gewichtung der Kriterien so verändert, dass die ökologischen Kriterien höher gewichtet wurden als die Wirtschaftlichkeit. Zum anderen wurde eine Auswertung mit der selben Gewichtung aller Kriterien zu 20% durchgeführt. In beiden Fällen veränderte sich die Reihenfolge der Standorte nicht, nur der Abstand zueinander variierte.

Die wesentlichen Vorteile des Standorts Klärwerk Werdhölzli sind:

- Die Abwärme der Schlammverbrennung kann im Klärwerk genutzt werden. Dadurch wird das bisher als Energieträger genutzte Klärgas frei und kann zukünftig aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist werden.
- Rund ein Drittel der gesamten Klärschlammmenge des Kantons fällt im Klärwerk Werdhölzli an. Diese Menge muss nicht transportiert werden.
- Das Areal verfügt über die Platzreserven für eine zukünftige Anlage zur Rückgewinnung des Phosphors aus der Klärschlammasche.
- Das Brüdenabwasser aus der Schlammvortrocknung kann in der bestehenden Rücklaufwasser- Behandlungsanlage verarbeitet werden.
- Im Klärwerk besteht bereits ein Schichtbetrieb. Der Betrieb der neuen Anlage kann in die bestehende Organisation eingegliedert werden.

Gestützt auf die Standortevaluation hat sich die Baudirektion des Kantons Zürich zusammen mit den heute für die Klärschlamm Entsorgung verantwortlichen Trägerschaften im Juni 2010 für das Klärwerk Werdhölzli Zürich als Standort für die neue zentrale Klärschlammverwertungsanlage entschieden. Die Stadt Zürich hat im September 2010 beschlossen, dass sie, vorbehaltlich der Kreditgenehmigung durch das Stimmvolk, die Anlage realisieren wird.

## Das Projekt Klärschlammverwertungsanlage (KSV) Werdhölzli

Entsorgung + Recycling Zürich hat im November 2010 die Arbeiten zur Projektierung der zentralen Klärschlammverwertungsanlage (KSV) im Klärwerk Werdhölzli aufgenommen.

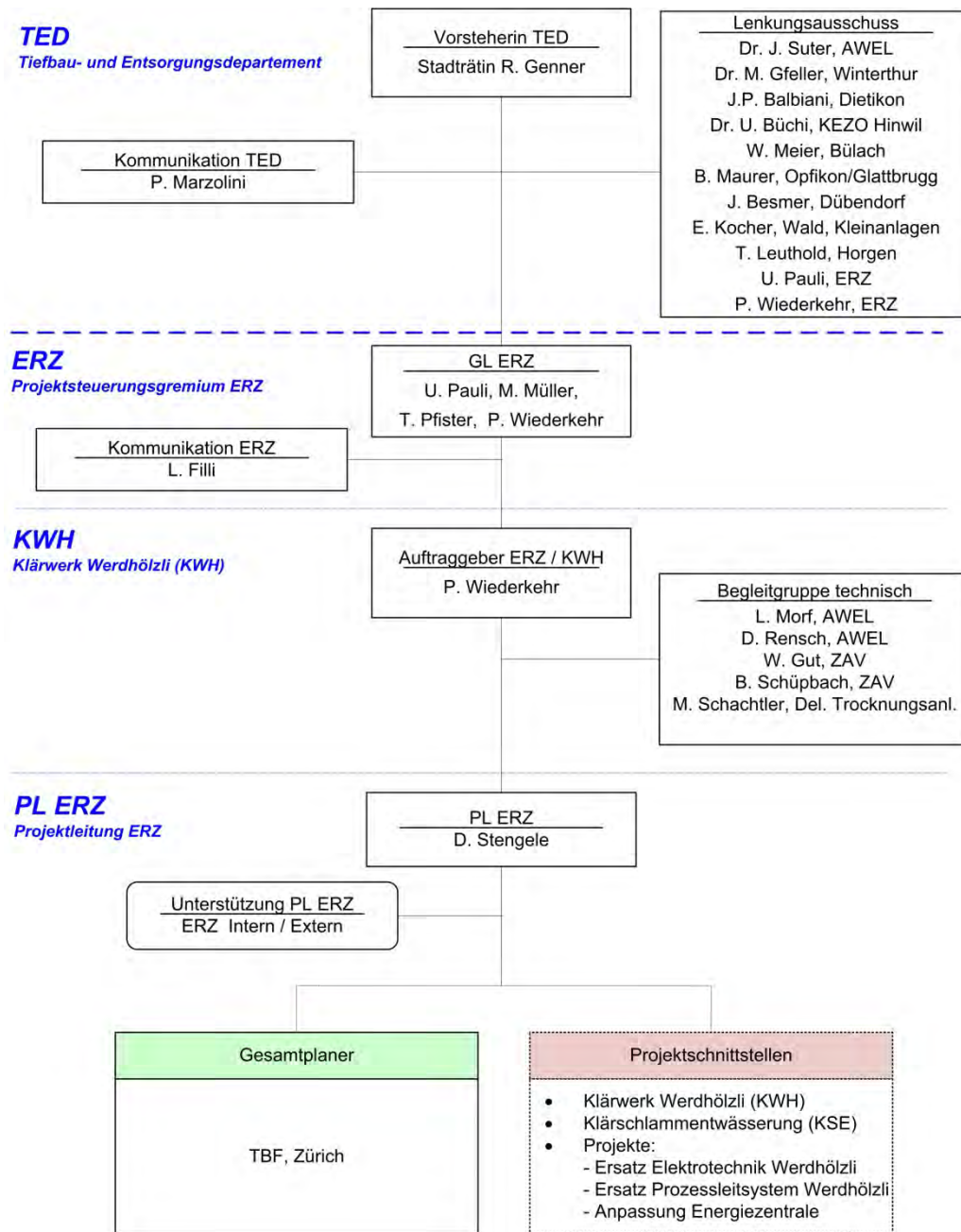


Bild 2: Projektorganisation KSV in der Projektierungsphase

Das Projekt wird innerhalb der Projektorganisation von ERZ mit dem Geschäftsbereichsleiter des Klärwerks Werdhölzli als Projektauftraggeber und einem internen Projektleiter abgewickelt. Als Planer wurde ein Ingenieurbüro beauftragt. Speziell an diesem Projekt ist die gesamtkantonale Bedeutung. Mit einem Lenkungsausschuss und einer Begleitgruppen wird gewährleistet, dass die übergeordneten Ziele im Projekt erreicht werden. Die technische Begleitgruppe mit Vertretern der kantonalen Behörden und Betreibern der bisherigen Entsorgungsanlage überprüft die Einhaltung der technischen Rahmenbedingungen und Zielsetzungen. Sie stellt auch den Informationsfluss zu den Behörden der bisherigen

Trägerschaften sicher. Der politische Lenkungsausschuss mit Vertretern des Kantons und den politisch Verantwortlichen der bisherigen Trägerschaften nimmt die Interessen der Gemeinden wahr und gibt den Kreditantrag für das ausgewählte Angebot frei.

Die Realisierung der KSV wird als Totalunternehmer-Auftrag vergeben. Die Anlagenplanung und Erarbeitung der Ausschreibungsunterlagen dauerte vom November 2010 bis Juni 2011. Die Ausschreibung wurde am 8. Juli 2011 veröffentlicht. Insgesamt geht die Terminplanung des Projektes über sieben Jahre.

Phasen / Vorgang / Meilenstein ♦	Erfolgt bis Datum	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Studien</b>	A. Spt. 10	█							
Auswertung Studien von Ende April 2010									
Entscheid RR Kanton ZH über Standort KSV									
Zusage Stadtrat ZH für Standort KSV auf Areal KWH an RR Kanton ZH	08.09.2010	♦							
<b>Projektiertung</b>	Mitte 2013	█							
Entscheid Stadtrat Zürich	Sep 10	♦							
Projektinformation ausarbeiten (Projekthandbuch)	Okt. 10	█							
Ausarbeitung UVP			█						
Ausarbeiten TU-Ausschreibung unter Berücksichtigung Umweltaspekte und Klärung der Schnittstellen zu deden Projekten Energiezentrale und Biogas ZH AG		█							
Freigabe TU-Ausschreibung ERZ und Begleitgruppe technisch			♦						
Ausarbeitung TU-Angebote durch Unternehmer			█						
Auswertung TU-Angebote und Projektkosten ERZ				█					
Abnahme Auswertung TU-Angebote und Projektkosten durch Begleitgruppe technisch und Begleitgremium politisch erfolgt				♦					
Weisung für Kreditantrag an STR ZH				♦					
Projektkredit durch Gemeinderat und Souverän Stadt ZH bewilligt (Annahme ca. 9 Mt)				█					
Baueingabe mit UVB und -bewilligung				█					
<b>Realisierung</b>	Mitte 2015				█				
Startsitzung Planungs- und Realisierungsarbeiten mit TU					♦				
Realisierung Klärschlammverwertungsanlage bis Montageende, IBS Schulung Leistungsnachweis									
Abnahme, Übergabe der Anlage zur Nutzung an Betreiber							♦		
<b>Abschluss</b>	April 2017						█		
Projektdokumentation (Planunterlagen, QS-Unterlagen, Betriebshandbücher)									
Schlussbericht, Bauabrechnung									♦
Auflösen Projektorganisation									♦

Bild 3: Terminplan Projekt KSV

Die KSV basiert auf dem Monoverbrennungs-Konzept, um eine maximale zukünftige Phosphor-Rückgewinnung sicherzustellen. Weiter soll die KSV eine langfristige und wirtschaftliche Klärschlamm Entsorgung gewährleisten. Die als schlüsselfertige Anlage vom Totalunternehmer (TU) zu planende und zu realisierende KSV soll jährlich 100'000 Tonnen ausgefaulten und entwässerten Klärschlamm mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt von 30% verarbeiten, entsprechend 30'000 Tonnen Trockensubstanz pro Jahr, und im Juli 2015 in den kommerziellen Betrieb gehen.

Die TU-Ausschreibung ist als funktionale Ausschreibung konzipiert. Sie lässt dem TU Freiheiten und Spielräume, um eine aus seiner Sicht optimale Gebäude- und Verfahrensgestaltung im vorgegebenen Planungsperimeter anzubieten. Es sind dabei grundsätzlich die folgenden übergeordneten Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Maximale Rückgewinnbarkeit des Phosphors und deshalb
- Monoverbrennung in einem Wirbelschichtofen
- Optimale bzw. effiziente Energie-Ausnutzung
- Hohe Betriebssicherheit

Die KSV besteht aus folgenden Hauptkomponenten bzw. Verfahrensschritten:

- Schlammübernahme vom Klärwerk Werdhölzli
- Schlammanlieferung von den anderen Kläranlagen des Kantons Zürich per LKW
- Zwischenlagerung des entwässerten Klärschlamm
- Vortrocknung des entwässerten Klärschlamm mit Brüdenkondensation
- Verbrennung des entwässerten Klärschlamm und Rückgewinnung der Wärme in einer Kesselanlage

- Wärmenutzung, welche je nach Verfahren auch eine Stromerzeugung beinhaltet
- Mehrstufige Rauchgasreinigung inklusive Reststoffbehandlung, mit möglichst hoher Staubabscheidung für eine separate Phosphorrückgewinnung
- Nebenanlagen

Die KSV wird 24 Stunden pro Tag durchgängig das ganze Jahr automatisch betrieben mit Ausnahme der notwendigen Revisions- und Inspektionsstillstände. Es ist Überwachungspersonal vorhanden, das Konzept sieht jedoch vor, die Anlagenausrüstung für einen Betrieb ohne Beaufsichtigung (automatischer Betrieb) zu realisieren.

Für den Anlagenbetrieb der neuen KSV sind folgende Einrichtungen für das Betriebspersonal einzuplanen:

- Probenahmestellen für die Entnahme von entwässertem bzw. getrocknetem Klärschlamm (je eine nach jedem Silo, je eine bei den Anlieferstellen, je eine nach den Trocknern und eine unmittelbar vor dem Wirbelschichtofen).
- Die Reststoffe der Abwasserreinigung (Filterkuchen) werden in Mulden gesammelt (Verhinderung von Staubentwicklung und trockene Aufstellung gewährleisten). Für die Reststoffe aus dem alternativen Gewebefilter ist ein Silo mit LKW-Anschluss einzuplanen.
- Ein Raum für eine örtliche Leitwarte der KSV, bestehend aus zwei Bedienplätzen mit jeweils zwei Bildschirmen, einem Bildschirm mit allen Video-Überwachungen, dazu ein netzfähiger Computerarbeitsplatz mit einem Bildschirm, Platz für einen Besprechungstisch für 10 Personen und Archivschränke für die komplette Dokumentation. Der Raum soll Fenster mit Sicht nach draussen sowie ein weiteres Fenster mit Sicht in die Annahmehalle haben.
- Ein Lager, in welchem alle Verschleiss- und strategischen Ersatzteile für die KSV untergebracht werden können (mit einer Platzreserve von mindestens 20 % und einer Mindestraumfläche von 100 m<sup>2</sup>). Das Lager ist mit den erforderlichen Ausrüstungen wie Regale und Hebezeuge auszurüsten, zusätzlich ist Platz für eine Werkbank vorzusehen.

Der TU erstellt eine schlüsselfertige, voll funktionsfähige und genehmigungsfähige Gesamtanlage zur Verwertung des entwässertem Klärschlamm auf Basis einer Klärschlammverbrennungsanlage. Standort der Anlage ist ein freies Areal hinter der Klärschlammmentwässerung des Klärwerk Werdhölzli in Zürich.



*Bild 4: Übersicht Klärwerk Werdhölzli*

Die Arbeit des Totalunternehmers umfasst alle Leistungen für die Realisierung der KSV, einschliesslich der Hauptgruppen:

- Konzepte und Detailstudien
- Projektbezogenes Qualitätsmanagement
- Ausführungsplanung
- Vorbereitungsarbeiten für die Projektausführung
- Aushubarbeiten
- Hoch- und Tiefbauten



- Mechanische bzw. verfahrenstechnische Anlagen
- Elektroanlagen
- MSR- und leittechnische Anlagen
- Haustechnische Anlagen
- Ausstattung
- Umgebungsarbeiten
- Anschluss an die angrenzende, bestehende Klärschlamm-Entwässerungsanlage (KSE) mit Erweiterung der Klärschlamm-Fördereinrichtungen sowie deren baulichen Umgebung und Verbindung zwischen KSE und KSV mittels begehbarem Leitungsgang
- Bauleitung (Gesamt- und Fachbauleitungen, Montageleitung, Koordination)
- Inbetriebsetzung, Tests und Prüfungen
- Schulungen und Instruktionen des Betriebspersonals
- Leistungsnachweise und Probetrieb
- Bauwerksdokumentation und Betriebshandbücher
- Mängelbehebung und Garantieleistungen
- Baunebenkosten des TU wie Muster, Vervielfältigungen, Versicherungen, Honorare, Gebühren aus Abnahmen und Bewilligungen

Der Endtermin für die Einreichung von Angeboten ist der 25. November 2011. Danach werden die Angebote ausgewertet und ein TU wird als Wettbewerbssieger für die Realisierung der KSV nominiert. In der Stadt Zürich müssen Kredite über 20 Millionen Franken durch eine Volksabstimmung genehmigt werden. Der politische Genehmigungsweg dauert ca. ein Jahr. Die Vertragsunterzeichnung zwischen Entsorgung + Recycling Zürich und dem Totalunternehmer wird dadurch etwa Mitte 2013 stattfinden.

Neben dem eigentlichen Bauvorhaben wird ein begleitendes Projekt zur Optimierung der gesamten Logistikabläufe durchgeführt. Ziel ist eine reibungslose Anlieferung der Klärschlämme aus den zürcherischen Kläranlagen in die neue KSV sowie ein Ausgleich der Transportkosten zwischen näher gelegenen und weiter entfernten Anlagen.

## Literatur

- Klärschlammagenda 2009, Baudirektion Kanton Zürich, Dezember 2009 ([http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/abfall\\_rohstoffe\\_altlasten/abfall/siedlungsabfaelle/klaerschlamm.html](http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/abfall_rohstoffe_altlasten/abfall/siedlungsabfaelle/klaerschlamm.html))
- Klärschlammagenda 2010, Baudirektion Kanton Zürich, Dezember 2010 ([http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/abfall\\_rohstoffe\\_altlasten/abfall/siedlungsabfaelle/klaerschlamm.html](http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/abfall_rohstoffe_altlasten/abfall/siedlungsabfaelle/klaerschlamm.html))
- Regierungsratsbeschluss 1784 Gewässerschutz (Klärschlamm-Entsorgungsplan), Regierungsrat Kanton Zürich, Dezember 2003
- Regierungsratsbeschluss 572 Gewässerschutz (Umsetzung Klärschlamm-Entsorgungsplan), Regierungsrat Kanton Zürich, April 2007
- Planung der Klärschlamm Entsorgung im Kanton Zürich 2007-2020, Baudirektion Kanton Zürich, Oktober 2007