

## **Klaus Schmid**

ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH



## **Die neue Kläranlage für Warschau**

### ***The New Waste Water Treatment Plant of Warsaw***

#### **Kurzfassung**

In Warschau wird derzeit die bestehende Kläranlage vollständig erneuert. Die künftige Anlage in Czajka wird eine Reinigungskapazität von 435.000 m<sup>3</sup> pro Tag für 2,1 Mio EGW haben. Der Bauherr MPWiK beauftragte mit der Planung und Errichtung der Anlage im Januar 2008 ein Konsortium aus Baufirmen und Planungsunternehmen. Der Auftrag schließt auch die Genehmigungsplanung und die Ausführungsplanung ein. Der erste Teil der Errichtung ist mit der Inbetriebnahme der Phase I im März 2010 abgeschlossen, Ende 2010 geht die Gesamtanlage in Betrieb.

Die großen Kubaturen, die in kürzester Zeit zu bewältigen sind, stellen für Planung und Ausführung eine große Herausforderung dar.

Der Entwurf der Bauwerke ist von den anlagentechnischen Erfordernissen, den statischen Notwendigkeiten und dem Bauablauf bestimmt. Beispielhaft werden die großen Bauwerke der Anlage vorgestellt.

#### **Summary**

The existing water treatment plant in Warsaw is currently being completely renewed. The future Czajka WWTP will have a capacity of 435,000 m<sup>3</sup> / day for a PE of 2.1 million. Owner MPWiK awarded a design and build contract to a joint venture of construction and design companies in January 2008. The contract comprises the permit design and detailed design of all components. The first part of the construction was completed with the start-up of Phase I in March 2010. The plant as a whole will start its operation at the end of 2010.

The large structures and the big dimensions which have to be dealt with in a short time are a great challenge for both designers and construction companies.

The design is ruled by the requirements of the water treatment, structural necessities and optimized construction sequences. The large structures of the plant will be presented as examples.

## 1. ÜBERSICHT

Für die Stadt Warschau bedeutet es ein großes Umweltproblem, dass eine große Menge des Abwassers ungeklärt in die Weichsel abgeleitet wird. Lediglich etwa 50 % des städtischen Abwassers wird zurzeit in den Anlagen Czajka und Poludinie geklärt. Zusätzlich erschwert wird die Situation dadurch, dass die bestehende Kläranlage in Czajka nur eine ungenügende Reinigung erzielt. Um den Kohäsions-Vertrag und das nationale Programm zur Abwasserreinigung zu erfüllen, ist es notwendig, dass alle in die Weichsel abgeleiteten Abwässer bis Ende 2010 eine Klärung durchlaufen.

Deshalb wurden und werden größte Anstrengungen unternommen, die Kläranlage „Czajka“ zu modernisieren und zu erweitern. Dazu gehören auch die Errichtung einer Klärschlammverbrennungsanlage und der Bau von Sammelkanälen um das Abwasser vom Stadtzentrum und von den Stadtteilen links der Weichsel einleiten zu können. Die Investitionsvorhaben sind Teil des Projekts „Wasserversorgung und Abwasserbehandlung in Warschau“, das von der EU kofinanziert wird.

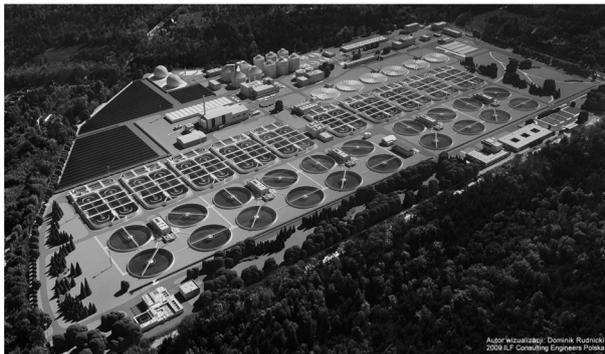


Abb. 1 Visualisierung der Gesamtanlage

Die Kapazität der Kläranlage Czajka wird 435.000 m<sup>3</sup>/d betragen, sie entspricht 2,1 Mio EGW. Der Bauherr MPWiK beauftragte mit der Planung und Errichtung der Anlage im Januar 2008 ein Konsortium aus Baufirmen und Planungsunternehmen. Die Führung des Konsortiums hat das Bauunternehmen Warbud S.A. aus Polen. Die Auftragssumme beträgt 560 Mio Euro.

Der Auftrag schließt die Genehmigungsplanung und die Ausführungsplanung ein. ILF ist als Planer benannt und ist für die Planung der Infrastruktur und für die Bauplanung der Hauptkomponenten der Anlage verantwortlich.

## 2. ANLAGENKONZEPT

Die Anlage besteht aus der mechanischen und biologischen Reinigung. Die von beiden Seiten der Weichsel gravitär zufließenden Abwässer werden in einem Zulaufhebewerk gehoben. Die erste mechanische Trennung erfolgt im Rechengebäude. Das Rechengut wird entwässert

und mittels Containern entsorgt. In den darauffolgenden Entsandern werden gleichzeitig Öle und Fette abgeschieden. Letztere werden in die Faulbehälter geleitet. Das mechanisch vorgereinigte Abwasser rinnt anschließend in sechs runde Vorklärbecken.

Der Schlamm aus den Vorklärbecken wird über Pumpstationen in Schwerkrafteindicker transportiert und dort weiter eingedickt. Der Schwimmschlamm kommt in einen Mischschlammtank oder in den Aufbereitungstank für den Überschussschlamm. Alle Absetzbecken sind an ein Abluftsystem angeschlossen.

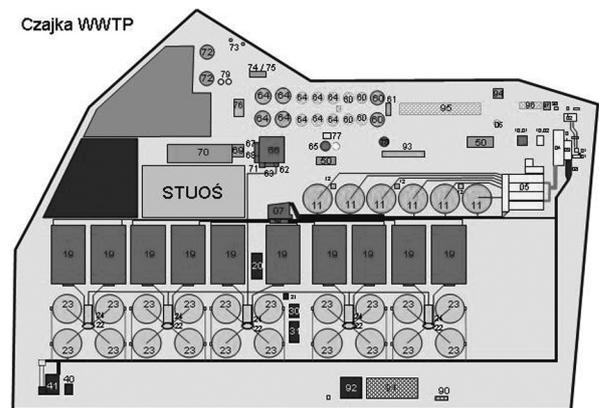


Abb. 2 Anlagenkonzept

Von den Vorklärbecken wird das Abwasser in das Zwischenhebewerk geleitet. Über Druckkanäle werden 10 Belebungsbecken beschickt. Diesen folgen 20 Nachklärbecken. Das gereinigte Wasser wird gesammelt und über eine letzte Pumpstation in den Ablaufkanal und in die Weichsel ausgeleitet.

Die Schlammbehandlung erfolgt in 4 neuen und 6 erneuerten Faulbehältern. Das dort entstehende Faulgas wird gereinigt und entschwefelt und in Biogastanks gespeichert. Das Gas wird zur Strom- und Wärmeerzeugung direkt genutzt. Der fermentierte Schlamm wird in Zwischenbehälter geleitet. Anschließend wird er mechanisch entwässert. Zuletzt wird er der Schlammverbrennungsanlage zugeführt.

## 3. BAUGRUND

Die Kläranlage befindet sich auf der Schwemmebene der Weichsel etwa 2.200 m vom jetzigen Flussbett entfernt. Die Terrasse besteht hauptsächlich aus quartären Sedimenten der Weichsel aus dem Pleistocän. Unterhalb der Gründungssohle der meisten Bauwerke (relative Höhe +1,1 m) stehen zumeist schwach gestufte Sande mit wechselnder Körnung (fein, mittel, grob) in unterschiedlicher Schichtstärke an. In manchen Bereichen war es erforderlich die durch enge Sondierungen erkundeten locker gelagerten Schichten zu verdichten. Wegen der

großen Abmessungen der meisten Bauwerke, dem Vorhandensein von Flussablagerungen aus dem Holozän – weiche Schluffe und Tone – sowie anthropogenen Böden wurde der gesamte Bauplatz 3 m abgegraben und nach der Errichtung der Bauwerke wieder auf das fertige Niveau +4,3 m aufgeschüttet. Der mittlere Grundwasserhorizont befindet sich auf der relativen Höhe +0,5 m mit einer Spiegelschwankung von 1,0 m. Bei tief gegründeten Bauwerken, wie Faultürme und Pumpstation, ist eine Bauwasserhaltung erforderlich. Die Auftriebssicherheit bei höchstem Grundwasserstand wurde durch entsprechende Bauteilabmessungen erreicht.

#### 4. BAUWERKE

##### 4.1 Belebungsbecken

Die Kläranlage erhält 10 Belebungsbecken mit einem Volumen von je 42.500 m<sup>3</sup>. Sie werden als Rechteckbecken mit einer Länge von 101 m und einer Breite von 59 m ausgebildet. Die Wandhöhe beträgt bis zu 9,7 m. Die Füllhöhe über der Bodenplatte beträgt bei Vollbetrieb 5,9 bis 8,3 m. Die einzelnen Kammern sind mit Füll- und Entleerungsleitungen untereinander verbunden, so dass zwischen den Kammern keine wesentlich unterschiedlichen Füllstände auftreten.



Abb. 3 Belebungsbecken

Eine Besonderheit der Konstruktion ist, dass sie mit Dehnfugen in Abschnitte von maximal 20 x 20 m unterteilt ist. Dies hat sich aus der Vorschriftenlage zu Beginn der Genehmigungsplanung ergeben. In der kurzen Richtung sind 2 Fugen und in der langen Richtung 5 Fugen angeordnet worden. Die Lage wurde so gewählt, dass sie sowohl mit den Einbauten als auch mit dem Verformungsverhalten der einzelnen Abschnitte verträglich sind. Statisch gesehen ergeben sich damit Winkelstützwände mit angehängten Dichtplatten. Die nach außen wirkenden Wasserdrücke werden im Bereich der Außenwände über Reibung in den Untergrund abgetragen. Die anschließenden Bo-

denplatten liegen auf Gleitfolien, um die Zwängungen aus den Temperaturlastfällen und Schwinden zu beschränken. Dadurch kann die Rissbreitenbeschränkung in der Bodenplatte mit wirtschaftlichen Bewehrungsmengen erreicht werden. Die Dicke der Außenwände verjüngt sich nach oben. An der Einspannstelle sind sie 0,75 m dick und nehmen nach oben auf 0,40 m ab. In Längsrichtung sind die Temperaturlastfälle maßgebend. Aufgrund des typischen Verhältnisses Wandlänge zu Wandhöhe 2,8:1 entwickeln sich die Längszwangkräfte zu voller Größe. Rechnerisch ergeben sich sehr große Bewehrungsmengen. Um sich trotzdem entwickelnde Risse zu kontrollieren wurden in den Drittelpunkten der Wände vertikale Scheinfugen eingebaut, die mit Dehnfugenbändern ausgestattet sind. Dieses Konzept hat sich gut bewährt.



Abb. 4 Belebungs- und Nachklärbecken nach dem Wassertest

Ein Problem stellte eine Vorgabe aus dem Bauvertrag dar, dass unter der Bodenplatte Bitumenbahnen als zusätzliche Abdichtungsebene einzubauen sind. Der Nachweis der Gleitsicherheit wird durch das rheologische Verhalten der Bitumenbahn und durch den nicht definierten Reibungswinkel erschwert. Im Endzustand ist das Gleichgewicht durch die Einschüttung des Bauwerks gegeben. Beim Wassertest, bei dem die Außenwände frei stehen, sind die Bitumenbahnen ein Schwachpunkt.

Diesem Umstand wurde dadurch begegnet, dass auf der Baustelle mit dem verwendeten Material die Reibungsbeiwerte getestet wurden. Es wurden sowohl die Haftreibung als auch die Gleitreibung ermittelt. Da baubedingte Abweichungen nicht auszuschließen waren, wurden für den Wassertest die Dehnfugen zusätzlich mit CFK-Lamellen vernäht. Es hat sich gezeigt, dass es schwierig ist, die Tragwirkung der einzelnen Elemente, nämlich Bodenwiderstand, Gleitwiderstand und Widerstand der Zug-elemente aufeinander abzustimmen. Die CFK-Lamellen übernahmen aufgrund ihrer Steifigkeit teilweise mehr Kräfte als sie über den Kleber in den Beton eintragen konnten. Durch eine angepasste Geometrie wird diesem Phänomen bei den weiteren Becken begegnet.

## 4.2 Vor- und Nachklärbecken

Die 20 Nachklärbecken sind kreisrunde Flachbecken mit zentralem Füllbauwerk. Die Entleerung erfolgt über einen Ringkanal an den Außenwänden. Der Durchmesser der Becken beträgt 48,75 m mit einer maximalen Füllhöhe von 5,8 m. Die Räumbrücke ist mittig auf einem Lager auf dem Mittelbauwerk befestigt und läuft auf der äußeren Wandkrone auf Kunststoffrollern.

Die Becken wurden als schlaff bewehrte Stahlbetonbecken errichtet, wobei die Bauteildicke 0,35 m beträgt. Die als flacher Kegel ausgebildete Bodenplatte wurde in 4 Betonierabschnitte unterteilt. Sie wurde auf Gleitbahnen gelagert, so dass sich die risserzeugenden Zwängspannungen nicht voll aufbauen können. Das tiefer reichende zentrische Einlaufbauwerk bildet den Festpunkt.

Ähnlich sind die 6 Vorklärbecken ausgebildet. Sie haben einen Durchmesser von 50 m. Die Bauteilabmessungen sind dicker, da wegen der Auftriebssicherung bei leerem Becken ein größeres Eigengewicht von Nöten ist. Abweichend von der Norm wurde das Gewicht des Betons für die Auftriebsberechnung nicht abgemindert und stattdessen auf der Baustelle kontrolliert, dass die erforderliche Wichte sicher eingehalten wurde. Die maximale Füllhöhe beträgt hier 3,8 m über Bodenplatte.



Abb. 5 Nachklärbecken

## 4.3 Faultürme

Für die neue Kläranlage werden 4 neue große Faultürme mit einem Füllvolumen von je 10.000 m<sup>3</sup> errichtet. In einer späteren Phase kommen weitere 6 Faultürme mit je 5.500 m<sup>3</sup> dazu. Die Hauptabmessungen der großen Türme sind 25,9 m Durchmesser und eine lichte Höhe von 38 m. Die Form ist durch einen flachen Kegelboden, zylindrische Wände und ein Kegeldach mit mittigem Aufsatz gegeben. Der Zylinder erhält eine verbundlose Vorspannung in Ringrichtung zur Kontrolle der Rissweiten. Die Wandstärke beträgt 0,45 m. Es werden außenliegende Lisenen in den Kreisviertelpunkten für die Spanngliedverankerung ausgeführt. Der Behälterboden steht im Grundwasser. Durch eine allumschließende Wärmedäm-

mung werden die Differenztemperaturen möglichst klein gehalten. Besonderer Wert wird auch auf die Dämmung der Schlammtaschen auf dem Kegeldach gelegt. Die Betonierabschnitte der Wände sind bis 5,8 m hoch, so dass der Zylinder mit nur 3 horizontalen Betonierfugen hergestellt werden kann.

An die Faultürme schließen unterirdische Rohrtunnel an, die wegen des hohen Grundwasserstandes dicht an die Faultürme angeschlossen werden müssen. Um Setzungsdifferenzen aus der Befüllung gering zu halten, wurden unter den Faultürmen umfangreiche Bodenverbesserungen durchgeführt. Es kamen CMC-Pfähle zum Einsatz.

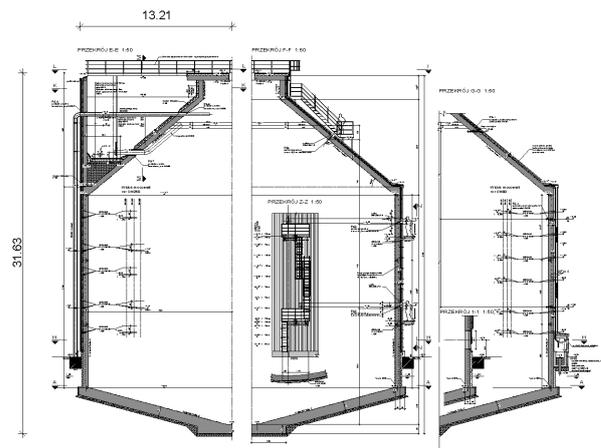


Abb. 6 Faulturm

## 4.4 Zwischenpumpengebäude

Die Funktion des Zwischenpumpengebäudes (IPS) ist, das Klärwasser nach der mechanischen Abwasserbehandlung aus den Vorklärbecken auf ein Niveau anzuheben, das den gravitären Abfluss durch den restlichen Teil der Anlage ermöglicht. In das IPS sind Verteilerkammern integriert, die das gehobene Wasser auf 10 unabhängige nachfolgende Klärlinien aufteilt.

Als Folge der prozesstechnischen Notwendigkeiten ist das Bauwerk äußerst komplex. Die wesentlichen zu lösenden Aufgaben waren:

- unterschiedliche Gründungsniveaus
- geeignete Trennung der Gebäudeteile in Abschnitte aufgrund der unterschiedlichen Belastungsarten („nasse“ und „trockene“ Räume)
- Maßnahmen um unterschiedliche Setzungen und Verkantungen aus den verschiedenen Füllungsständen zu verhindern (Konsolen, DSM-Säulen als Gründungselemente unter den Verteilerkammern)
- Rohrdurchführungen durch Doppelwände zwischen dem trockenen Pumpenraum und den Verteilerkammern mit 10 m Wassersäule
- schwierige Fugenbandausbildungen bei Bewegungs- und Arbeitsfugen

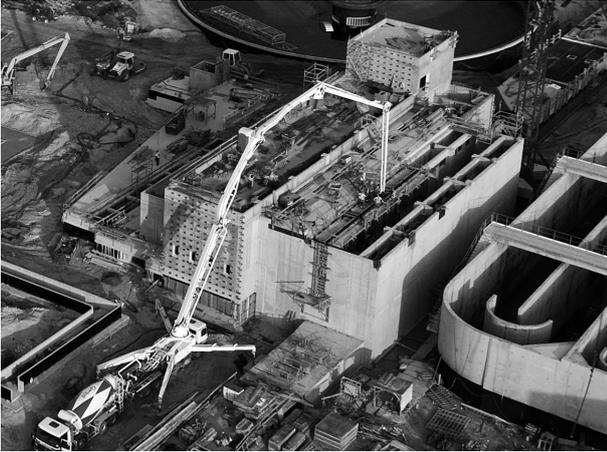


Abb. 7 Zwischenpumpengebäude

## 5. ZEITPLAN

Im September 2008 wurde die Genehmigungsplanung abgeschlossen, so dass im Dezember 2008 die Baugenehmigung von den Behörden erteilt wurde. Mit Jahresbeginn 2009 starteten die Bauarbeiten, die unter großem Zeitdruck standen. Herbst 2009 fanden die ersten Wasserprüfungen der Behälter statt. Im März 2010 ging der erste Teilabschnitt der Anlage in Betrieb, in dem 170.000 m<sup>3</sup>/d Abwasser behandelt werden. Im Oktober 2010 werden 150.000 m<sup>3</sup> Beton verbaut sein. Die gesamte Anlage wird dann baulich und anlagentechnisch fertig gestellt sein. Die endgültige Übernahme durch den Betreiber ist für Dezember 2010 vorgesehen.