



Maschinentechnische Ausrüstung / Schleusenantriebe

*Torsten Siebert
WNA Magdeburg*

1 Die Konzeption der Antriebe der Schleuse Rothensee und der Doppelschleuse Hohenwarthe

Die Konzeption der Schleusenanlage Rothensee und Hohenwarthe stellte für den Antrieb des Obertores, des Untertores und der Längskanal- und Sparbeckenverschlüsse die Aufgabe, diese als hydraulische Antriebe auszuführen und jedem Verschlusskörper einen eigenen Antrieb zuzuordnen.

Im Weiteren waren die Antriebe als betriebsfertige Komplettanlagen, bestehend aus hydraulischen Antriebsaggregat, Antriebszylindern und Hydrauliksteuerung, auszuführen. Die Hydrauliksteuerung war so auszulegen, dass sie im Bedarfsfalle einen dezentralen, von der Schleusensteuerung unabhängigen Betrieb jedes hydraulischen Antriebes ermöglicht, d.h. Vor-Ort-Steuerung.

Da die Schleusenanlage Rothensee und Hohenwarthe kurz nacheinander gebaut wurden, bestand bei der Ausführung der Antriebe die Aufgabe, ein hohes Maß an Baugleichheit der Antriebsanlagen zu erreichen .

Zu den Schleusenanlagen Rothensee und Hohenwarthe gehört jeweils noch ein Pumpwerk zur Sicherstellung der Wasserhaltung.

1.1 Die Antriebe der Schleusenanlage Rothensee

1.1.1 Obertorantrieb

Als Obertor ist ein Zugsegmenttor mit einseitigem hydraulischen Antrieb eingesetzt. Das Eigengewicht des Zugsegmenttores mit Stützarmen beträgt rd. 35 t. Bei der Antriebsauslegung war zu berücksichtigen, dass das Tor schon bei einer Wasserspiegeldifferenz von 0,30 m geöffnet wird und zur Eis- und Geschwemmselabfuhr eingesetzt wird, d.h., es muss bei vollem Wasserdruck geöffnet und geschlossen werden.



Abb.1 Schleusenanlage Rothensee, Antrieb Zugsegmenttor

Der Antrieb des Zugsegmenttores besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten: dem Hydraulikaggregat zur Druckerzeugung und -überwachung, dem Antriebszylinder und Riegelzylinder und der Hydrauliksteuerung.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten technischen Daten zusammengefasst.

Das Hydraulikaggregat besteht aus dem Ölbehälter und dem Aggregateträger zur Aufnahme der zwei Motor-Pumpen-Kombinationen. Beide sind über Schlauchleitungen miteinander verbunden.



Tabelle 1: Technische Daten der elektrohydraulischen Antriebe der Schleuse Rothensee

	Zugsegmenttorantrieb		Stemmtorantrieb	LKV-Antrieb	SBV-Antrieb
	Torantrieb	Riegelantrieb			
Zugkraft Antriebszylinder (kN)	1400	8	911	200	200
Druckkraft Antriebszylinder (kN)	1700	8	811		
Zylinderhub (mm)	2400	370	2000	3400	3400
Öffnungsgeschwindigkeit (mm/s)	28,2	33,6	25	12,5	75
Schließgeschwindigkeit (mm/s)	28,2	33,6	25	40	75
Öffnungszeit (s)	85	11	80	272	45,3
Schließzeit (s)	85	11	80	85	45,3
Kolben-/Stangendurchmesser (mm)	360/200	80/56	280/160	140/80	140/80
Antriebsleistung (kW)	2 x 37	4	4 x 30	7,5	30
Fördermenge der Pumpen (l/min)	2 x 122	9,6	975	15,4	78
P_{max} Öffnen (bar)	210	140	230	220	220
P_{max} Schließen (bar)	180	140	155	5	5



Abb. 2 Schleusenanlage Rothensee, Antrieb Zugsegmenttor, Hydraulikaggregat

Auf dem Ölbehälter sind das hydraulische Steuerungssystem, die Filtereinheiten und die Drucküberwachung für den Antriebszylinder sowie die Druckerzeugung, -überwachung und die hydraulische Steuerung für den Riegelantrieb angeordnet.

Der Aggregateträger nimmt die Druckerzeugung für den Antriebszylinder des Zugsegmenttores auf. Auf dem Aggregateträger sind zwei verstellbare Axialkolbenpumpen aufgebaut. Jede Pumpe fördert den halben erforderlichen Volumenstrom.

Die Antriebszylinder sind in Stahlwasserbauausführung ausgeführt. Die Kolbenstangen sind mit CERAMAX beschichtet und mit dem Elektronischen Wegmesssystem CIMS MK II ausgerüstet. Kolben- und stangenseitig ist der Antriebszylinder mit je einem Steuerblock ausgerüstet, der im Wesentlichen die Brems- und Druckbegrenzungsventile aufnimmt. Der Antriebszylinder ist über den Gabelkopf an der Kolbenstange mit der Antriebsscheibe über ein wartungsfreies Lager verbunden



Abb. 3 Schleusenanlage Rothensee, Antriebszylinder Zugsegmenttor



Der Zylinderboden stützt sich auf ein wartungsfreies Gelenklager ab. Der Riegelzylinder ist mit einer Flanschverbindung am Zylinderkopf am Riegellager angeschlossen. Der Riegelbolzen ist auf die Kolbenstange aufgeschraubt.

Die Steuerung des Zugsegmenttorantriebes erfolgt über die im Hydraulikschaltschrank integrierte Hydraulik-SPS mit Bedienoberfläche.

Die Bedienoberfläche der Steuerung des Zugsegmenttorantriebes besteht aus dem fest im Schaltschrank integrierten Bedienteil und dem lokalen Bedienteil. Über das im Schaltschrank integrierte Bedienteil wird über Schlüsseltaster die Betriebsart für den Antrieb eingestellt. Dabei kann zwischen drei Betriebsarten gewählt werden, dem Automatikbetrieb, dem Halbautomatikbetrieb und dem Hand-/Tippbetrieb.

Der Automatikbetrieb ermöglicht eine vollautomatische Zielfahrt des Zugsegmenttores durch die übergeordnete Steuerung. Die übergeordnete Steuerung gibt die Zielposition für die Hydrauliksteuerung vor. Dabei ist ein Verfahren des Tores über die lokalen Bedienflächen nicht möglich.

Der Halbautomatikbetrieb ermöglicht eine vollautomatische Zielfahrt des Tores von der lokalen Bedienfläche. Dazu muss jedoch vorher über die Bedienfläche am Schaltschrank die Zielposition eingegeben werden.



Abb. 4 Schleusenanlage Rothensee, Antrieb Zugsegmenttor, Hydrauliksteuerung

Der Hand-/Tippbetrieb ermöglicht ein Verfahren des Zugsegmenttores ohne Vorgabe einer Zielposition mit stark reduzierter Geschwindigkeit.

Das Verfahren des Tores kann in den Betriebsarten Halbautomatik und Hand-/Tippbetrieb mit der lokalen Bedienstelle vom Antriebsraum oder von der Planie erfolgen.

Im Wesentlichen erfolgt das Öffnen und Schließen des Zugsegmenttores in den drei Betriebsarten analog, d.h., beim Öffnen des Tores wird zuerst der Verriegelungsbolzen herausgefahren und dann das Tor geöffnet. Das Schließen erfolgt umgekehrt.

Das Öffnen und Schließen des Zugsegmenttores erfolgt über zwei mittels Proportionalventile verstellbaren Axialkolbenpumpen, die den hydraulischen Steuerblock mit dem erforderlichen Volumenstrom zum Verfahren des Antriebszylinders versorgen. Bei Ausfall einer Motor-Pumpen-Kombination wird das Tor automatisch mit halber Geschwindigkeit weiter gefahren. Über das im Antriebszylinder integrierte Wegmesssystem wird die Verfahrensbewegung gesteuert und überwacht.

Das Ein- und Ausfahren des Riegels erfolgt über die auf dem Ölbehälter angebrachte Zahnradpumpe, die den Steuerblock mit dem erforderlichen Volumenstrom versorgt. Über das im Riegelzylinder integrierte Wegmesssystem wird die Verfahrensbewegung gesteuert und überwacht.

In der geöffneten Stellung wird das Zugsegmenttor nicht verriegelt, da es durch sein Eigengewicht sicher in dieser Stellung hält. Zusätzlich wird das Tor durch die hydraulische Einspannung gesichert.

1.2 Untertorantrieb

Als Untertor wurde wegen der im Rothenseer-Verbindungskanal durch den Einfluss der Elbe stark wechselnden Wasserstände ein Stemmter als Riegeltor mit ebener Stauwand eingebaut.

Zur Sicherstellung einer einwandfreien Schließstellung ist an der Oberkante der Stemmterflügel eine Zwangsführung angebracht, die kurz vor Erreichen dieser Stellung wirksam wird.



Bei der Antriebsauslegung war zu berücksichtigen, dass das Tor schon bei einer Wasserspiegeldifferenz von 0,30 m geöffnet wird
Das Eigengewicht eines Stemmtorflügels liegt bei rd. 110 t bei einer Höhe von 22 m und einer Breite von rd. 8 m.

Der Antrieb besteht ebenfalls aus den drei Komponenten Hydraulikaggregat, Hydraulikzylinder und Hydrauliksteuerung. Die zwei Antriebszylinder für die beiden Stemmtorflügel werden von einem gemeinsamen Hydraulikaggregat aus versorgt.

Das Hydraulikaggregat für den Stemmtorantrieb besteht aus dem Ölbehälter, auf dem ein gemeinsamer Steuerblock für den separaten Antrieb der beiden Stemmtorflügel aufgebaut ist, der Filtereinheit und der Drucküberwachung. Die Druckerzeugung für den Antrieb der beiden Stemmtorflügel erfolgt über vier Motor-Pumpen-Kombinationen, die auf zwei Aggregatträgern aufgebaut sind. Dabei sind je Stemmtorflügel zwei verstellbare Axialkolbenpumpen für die Erzeugung des erforderlichen Volumenstromes vorhanden. Jede Pumpe fördert den halben erforderlichen Volumenstrom.

Die Stemmtorzylinder sind in Stahlwasserbauausführung ausgeführt. Die Kolbenstangen sind mit CERAMAX beschichtet und mit dem Elektronischen Wegmesssystem CIMS MK II ausgerüstet. Kolben- und stangenseitig sind die Stemmtorzylinder mit je einem Steuerblock ausgerüstet, der im Wesentlichen die Brems- und Druckbegrenzungsventile aufnimmt. Die Stemmtorzylinder sind kardanisch gelagert. Der Anschluss an die Stemmtorflügel erfolgt über ein auf die Kolbenstange geschraubtes Auge mit integriertem wartungsfreiem Gelenklager.

Auf den Einsatz von Schlauchleitungen konnte durch den Einsatz von Drehverschraubungen verzichtet werden.

Auch die Steuerung des Stemmtorantriebes erfolgt über die im Hydraulikschaltschrank integrierte Hydraulik-SPS mit Bedienoberfläche und lokaler Bedientafel (Abb. 4). Die drei Betriebsarten Automatikbetrieb, Halbautomatikbetrieb und Hand-/Tippbetrieb stehen auch hier, wie schon beim Zugsegmenttor beschrieben, zur Verfügung. Abweichend zum Tipp-/Handbetrieb des Zugsegmenttores lässt sich in dieser Betriebsart beim Stemmtorantrieb nur immer ein Torflügel bewegen, wenn der andere zu diesem Zeitpunkt voll geöffnet ist.



Abb. 5 Schleusenanlage Rothensee, Antriebszylinder Stemmtor

Das Öffnen und Schließen des Stemmtores erfolgt über mittels Proportionalventile verstellbare Axialkolbenpumpen, die den hydraulischen Steuerblock mit dem erforderlichen Volumenstrom zum Verfahren der Stemmtorzylinder versorgen.

Sollte bei einem Stemmtorflügel eine Motor-Pumpen-Baugruppe ausfallen, sollte bei einem Stemmtorflügel eine Motor-Pumpen-Baugruppe ausfallen, wird automatisch dem anderen Stemmtorflügel eine Motor-Pumpen-Baugruppe ab-

geschaltet und der Bewegungsvorgang des Stemmtores kann mit halber Geschwindigkeit fortgeführt werden.



Der Gleichlauf der beiden Stemmtorflügel wird elektronisch überwacht. Die Gleichlaufüberwachung erfolgt aber nur beim Öffnen des Stemmtores bis es vollständig aus der Zwangsführung gefahren ist und beim Schließen des Stemmtores kurz bevor es in die Zwangsführung einfährt.

1.3 Antrieb der Längskanal- und Sparbeckenverschlüsse

Die Füllung und Entleerung der Schleusenammer erfolgt über die Längskanal- und Sparbeckenverschlüsse.

Die insgesamt vier Längskanalverschlüsse (LKV), je zwei sind im Bereich des Oberhauptes bzw. Unterhauptes in den Schützlamellen angeordnet.



Abb. 6 Schleusenanlage Rothensee, LKV-Antrieb

Jedes der drei Sparbecken hat als Verbindung zur Schleusenammer zwei Sparbeckenzuläufe. Darin befindet sich jeweils ein Sparbeckenverschluss (SBV). Die Konstruktion der LKV und SBV ist identisch.

Sie sind daher austauschbar. Es sind Rollschütze, die als Trägerrost mit ebener Stauwand ausgebildet sind, eingesetzt. Das Eigengewicht eines LKV/SBV liegt bei rd. 11 t.

Da die LKV und SBV untereinander austauschbar sind, wurden die Antriebe ebenfalls austauschbar ausgeführt.



Abb. 7 Schleusenanlage Rothensee, SBV-Antriebe in der Maschinenhalle



Abb. 8 Antriebszylinder SBV

Aus den unterschiedlichen Geschwindigkeiten der LKV und SBV (siehe Tabelle 1) resultiert, dass die Zylinderabmessungen sowie die Dimensionierung der Hydraulikaggregate nach den Anforderungen der SBV erfolgt. Die Auslegung der Hydrauliksteuerung musste nach den Erfordernissen der LKV erfolgen unter Berücksichtigung der Schleusenfahrprogramme.

Die insgesamt zehn ausgeführten Antriebe für die LKV und SBV unterscheiden sich nur in wenigen Details:



- Die auf dem Hydraulikaggregat aufgebaute Motor-Pumpen-Kombination für die SBV hat eine Antriebsleistung von 30 kW und ein Fördervolumen von 78 l/min, die der LKV eine Antriebsleistung von 7,5 kW und ein Fördervolumen von 15,4 l/min.
- Die Schaltventile am Steuerblock sind entsprechend den erforderlichen Volumenströme der LKV und SBV angepasst.

Alle anderen Komponenten, wie Hydraulikaggregat, Antriebszylinder und Hydrauliksteuerung, der LKV/SBV- Antriebe sind austauschbar ausgeführt.

Eine weitere Vorgabe für die Antriebsauslegung war die Forderung, dass die LKV und SBV bei einem Antriebsausfall sicher durch ihr Eigengewicht schließen.

Das Hydraulikaggregat für die LKV und SBV besteht aus dem Ölbehälter, auf dem die Motor-Pumpen-Kombinationen, die Filtereinheit und die Pumpendrucküberwachung aufgebaut sind. Für die Erzeugung des erforderlichen Volumenstromes wird je Aggregat eine Axialkolbenpumpen eingesetzt.

Die Antriebszylinder der LKV und SBV sind in Stahlwasserbauausführung ausgeführt.

Der Steuerblock für die hydraulische Steuerung der LKV- und SBV-Antriebe ist am Hydraulikzylinder angeflanscht.

Die Kolbenstangen sind mit CERAMAX beschichtet und mit dem Elektronischen Wegmesssystem CIMS MK II ausgerüstet. An den Hydraulikzylindern sind neben dem Wegmesssystem noch Endschalter für die Erfassung der Endlagen angebracht. Diese Endschalter werden in die Hardwareverriegelungskette der Schleuse eingelesen, die sicherstellt, dass die Betriebsverschlüsse nicht zum falschen Zeitpunkt öffnen. Für diese Aufgabe sind Ultraschallsensoren eingesetzt, die von außen mit einem Schlauchband am Zylindergehäuse angebracht sind. Die Sensoren prüfen, ob das Ultraschallsignal von der gegenüberliegenden Zylinderwand reflektiert wird. Dieses Signal zeigt an, dass der Verschluss sich in der Endlage befindet oder ob sich dazwischen der Kolben oder die Kolbenstange befindet. Dieses Signal bedeutet, dass der Verschluss gerade fährt oder in einer Zwischenstellung steht.

Die Steuerung der LKV- und SBV-Antriebe erfolgt über die im Hydraulikschaltschrank integrierte Hydraulik-SPS mit der Bedienoberfläche (Abb. 6). Die drei Betriebsarten Automatikbetrieb, Halbautomatikbetrieb und Hand-/Tippbetrieb stehen auch hier zur Verfügung.



Abb. 9 Schleusenanlage Rothensee, Hydraulikaggregat der SBV

Die LKV und SBV werden über ein Proportional-Stromregelventil gesteuert, geöffnet und geschlossen. Die LKV und SBV schließen immer durch ihr Eigengewicht und nur das Differenzvolumen wird nachgefördert. Beim Schließen der Verschlüsse wird der Druck auf der Kolbenseite auf max. 5 bar begrenzt. Dies ist notwendig, da der Verschluss über eine

Koppelstange gelenkig an das Schütz angeschlossen ist und höhere Drücke bei einem Verklemmen des Schützes zu Schäden am Zylinder führen würde. Der Hydraulikzylinder ist auf dem Druckdeckel angeflanscht.

1.4 Pumpwerk Rothensee

Zur Schleusenanlage Rothensee gehört ein Pumpwerk, das das Schleusenwasser zurück in die Haltung des Mittellandkanals pumpt. Das Pumpwerk Rothensee ist mit fünf halbaxialen Schraubenradpumpen mit nach oben aus dem Rohrgehäuse herausziehbarem Laufzeug ausgerüstet. Die Fördermenge je Pumpe beträgt 3,5 m³/s bei einer geodätischen Förderhöhe



von 15,5 m. Die Antriebsleistung je Pumpen beträgt 800 kW. Ein Pumpenstrang besteht aus folgenden Einzelkomponenten. An den Druckstutzen der Pumpe schließt sich ein Zwischenstück und ein feststellbares Ausbaustück an, danach folgt eine elektrohydraulisch angetriebene Absperrklappe mit Fallgewicht und hydraulischer Hubbremse, der ein nicht feststellbares Ausbaustück folgt. Als abschließendes Absperrorgan folgt ein Absperrschieber der den Pumpenstrang vom Pumpkanal abtrennt.

Nach dem Öffnen des Absperrschiebers wird die Schraubenradpumpe gegen eine elektrohydraulisch öffnende Absperrklappe angefahren, die Pumpe wird bei einer Öffnung von rd. 20° der Absperrklappe gestartet. Nach dem Abschalten der Pumpe fällt die Absperrklappe hydraulisch gebremst zu, die Schließzeit beträgt rd. 40 s, um Druckstöße zu vermeiden. Danach wird der Absperrschieber geschlossen.

Der hydraulisch Antrieb der Absperrklappe ist als geschlossenes System ausgeführt. Über eine Zahnradpumpe und entsprechende Wegeventile wird die Absperrklappe geöffnet. Das Schließen der Absperrklappe erfolgt durch das Eigengewicht des Fallgewichtes. Die Schließgeschwindigkeit wird einstellbar über einen Stromregler gesteuert.

Die Absperrschieber werden ebenfalls elektrohydraulisch angetrieben. Über eine Axialkolbenpumpe und ein Proportionalventil werden die Absperrschieber hydraulisch gesteuert geöffnet und geschlossen. Da die Absperrschieber auch bei Stromausfall und/oder Ausfall der Absperrklappe sicher schließen müssen sind die Antriebe mit Druckspeichern ausgerüstet, die sicherstellen, dass der Absperrschieber zweimal sicher gefahren werden kann.

2 Schleusenanlage Hohenwarthe

2.1 Allgemeines

Die elektrohydraulischen Antriebe der Doppelschleuse Hohenwarthe konnten mit Ausnahme des Untertorantriebes baugleich und austauschbar mit den Antrieben der Schleuse Rothensee ausgeführt werden. Aus diesem Grund wird im Folgenden nur der Antrieb für die Untertore der Doppelschleuse Hohenwarthe beschrieben.

Die wesentlichen technischen Daten der Antriebe der Doppelschleuse sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2 Technische Daten der elektrohydraulischen Antriebe der Doppelschleuse Hohenwarthe

	Zugsegmenttorantrieb		Hubtorantrieb		LKV-Antrieb	SBV-Antrieb
	Torantrieb	Riegelantrieb	Torantrieb	Riegelantrieb		
Anzahl der Antriebe	2	2	2	4 (2 je Torantrieb)	8	12
Zugkraft Antriebszylinder (kN)	1500	5	708*	5	208	208
Druckkraft Antriebszylinder (kN)	1900	5	645**	5	5	5
Zylinderhub (mm)	2400	370	11200	370	3500	3500
Öffnungsgeschwindigkeit (mm/s)	28,2	33,6	25	33,6	12,5	75
Schließgeschwindigkeit (mm/s)	28,2	33,6	25	33,6	40	75
Öffnungszeit (s)	85	10	80	10	280	45,3
Schließzeit (s)	85	10	80	10	87,5	45,3
Kolben-/Stangendurchmesser (mm)	360/200	80/56	280/160	80/56	140/80	140/80
Antriebsleistung (kW)	2 x 37	4	4 x 90	4	7,5	30
Fördermenge der Pumpen (l/min)	2 x 122	9,6	2 x 349	9,6	15,4	78
P _{max} Öffnen (bar)	220	140	160	160	240	240
P _{max} Schließen (bar)	190	140	5	160	5	5

*max. Zugkraft Tor bewegen, max. Zugkraft Tor halten 1421 kN

**Eigengewicht des Tores, keine Druckkraft auf Tor, Tor schließt durch Eigengewicht



2.2 Untertorantrieb

Das Untertor wurde als Hubtor in Falterwerkskonstruktion ausgeführt. Das Eigengewicht des Hubtores beträgt rd. 110 t bei einer Breite von rd. 13,5 m und einer Höhe von rd. 11,5 m. Der Antrieb des Hubtores erfolgt elektrohydraulisch ohne Gegengewichtsausgleich und besteht ebenfalls aus den drei Komponenten Hydraulikaggregat, Hydraulikzylinder und Hydrauliksteuerung. Die zwei Antriebszylinder für das Hubtor werden von einem gemeinsamen Hydraulikaggregat aus versorgt.

Das Hydraulikaggregat für den Hubtorantrieb besteht aus dem Ölbehälter, dem ein gemeinsamer Steuerblock für den Antrieb der beiden Hubtorzylinder aufgebaut ist, der Filtereinheit und der Drucküberwachung. Die Druckerzeugung für den Antrieb erfolgt über zwei Motor-Pumpen-Kombinationen, die auf einem Aggregateträger aufgebaut sind. Dabei sind zwei verstellbare Axialkolbenpumpen, jede Pumpe fördert den halben erforderlichen Volumenstrom, für die Erzeugung des erforderlichen Volumenstromes vorhanden. Über eine gemeinsame Druckleitung wird der Volumenstrom bis zur Mitte zwischen den beiden Antriebszylinder geführt und ab dort gleichmäßig auf die beiden Hubtorzylinder aufgeteilt, um den Gleichlauf der beiden Zylinder sicherzustellen. Zusätzlich sind zum Ausgleich des Systemdruckes die Ringräume der beiden Zylinder mit einer Druckausgleichsleitung verbunden. Sollte dennoch einer der beiden Zylinder voreilen, so wird er über eine Abdosiersteuerung des Volumenstroms des voreilenden Zylinders so lange gedrosselt, bis er wieder innerhalb der Grenzwerte liegt.

Sollten die Systeme zur Gleichlaufüberwachung versagen und die Schiefelage des Tores den Grenzwert übersteigen, wird das Tor angehalten. Der Antrieb der zwei Riegelzylinder erfolgt über zwei Zahnradpumpen und Proportionalventile. Beide Riegelzylinder werden separat angetrieben.

Die Hubtorzylinder sind auf der Schleusenplanie montiert und das Hubtor ist kardanischnisch gelagert über eine Koppelstange an die Hydraulikzylinder angeschlossen.



Abb. 10 Hydraulikzylinder der Hubtorantriebe



Die Hubtorzylinder sind in Stahlwasserbauausführung ausgeführt. Die Kolbenstangen sind mit CERAMAX beschichtet und mit dem Elektronischen Wegmesssystem CIMS MK II ausgerüstet. Stangeseitig sind die Hubtorzylinder mit je einem Steuerblock ausgerüstet, der im Wesentlichen die Brems- und Druckbegrenzungsventile aufnimmt. Die Antriebszylinder sind als Zugzylinder ausgeführt, d.h., das Tor schließt durch sein Eigengewicht und die Hydrauliksteuerung prüft und überwacht den Gleichlauf und führt die Differenzölmenge nach.

Auch die Steuerung der Hubtore der Doppelschleuse Hohenwarthe erfolgt über die im Hydraulikschaltschrank integrierte Hydraulik-SPS mit Bedienoberfläche und lokaler Bedientafel.

2.3 Pumpwerk Hohenwarthe

Zur Schleusenanlage Hohenwarthe gehört ein Pumpwerk, das das Schleusenwasser zurück in die Haltung des Mittellandkanals pumpt. Das Pumpwerk ist mit drei halbaxialen Schraubenradpumpen mit nach oben aus dem Rohrgehäuse herausziehbarem Laufzeug ausgerüstet. Die Fördermenge je Pumpe beträgt $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einer geodätischen Förderhöhe von 19 m. Die Antriebsleistung je Pumpen beträgt 1000 kW. Der Pumpenstrang entspricht der Ausführung der Schleuse Rothensee.

Die Antriebe der Verschlüsse der Schleusenanlage Rothensee und Hohenwarthe wurden von der Firma Bosch Rexrot hergestellt und errichtet.

Die Pumpenaggregate der Pumpwerke Rothensee und Hohenwarthe wurden von der Firma Ruhrpumpen geliefert.