

• Hohe Düne

SPEZIALISIERUNG Bootssteg- & Slipanlagen sowie Uferbefestigungen

BERATENDE INGENIEURE

Tel./Fax: 03362-2 33 44 / 55
info@aquapool-wersee.de

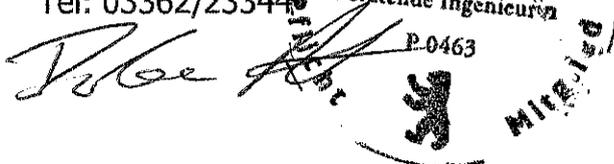
Fangschleuse, 16.11.2013

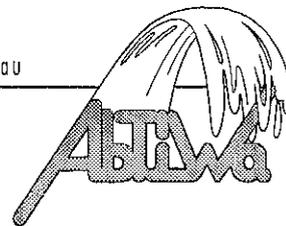
*Statische Berechnung für die Steganlage
mit Auslegern an Pfählen*

Sportboothafen Hitzacker (Elbe)

Auftraggeber : Metallbau Müller GmbH
Ahornstraße 6
D-17248 Rechlin/Müritz

Aufsteller:
Ingenieurbüro AbTIWa
Dipl. Ing. Barbara Krönert
Werseestraße 37
15537 Grünheide
Tel: 03362/23344





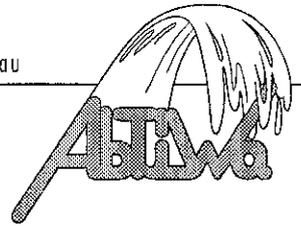
INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1.	Vorbemerkungen/ Allgemeines	2
Statik		
Pos.1:	Stegelemente 10m*2,0m	3
Pos.1.1:	Nachweis des erforderlichen Auftriebs Stegelement	3
Pos.1.2:	Schwimmstabilität	4
Pos.1.2.1:	Geometrie eines Elementes	4
Pos.1.2.2:	Lastannahmen	5
Pos.1.2.3:	Verkehrslast auf begehbarer Breite (LF 1)	5
Pos.1.2.4:	Einseitige Linienlast, keine Verkehrslast (LF 2)	6
Pos.2:	Nachweis des Auftriebs Ausleger	8
Pos.2.1:	4m-Ausleger	8
Pos.2.2:	6m-Ausleger	9
Pos.2.3:	8m-Ausleger	10
Pos.2.4:	10m-Ausleger	11
Pos.2.5:	12m-Ausleger	12
Pos.3:	Nachweis Belag	13
Pos.4:	Lagesicherung Stege	14
Pos.4.1:	Lasten	14
Pos.4.2:	Nachweis der Pfahlhalterung	15
Pos.5:	Nachweis der Tragwerke	16
Pos.5.1:	Stegelement 10m*2,0m	16
Pos.5.2:	Ausleger	16
Pos.5.3:	Nachweisergebnisse	17

Anlagen

Anlage 1:	Zusammenstellung der zulässigen Stützweiten für TRIMAX-Profile (2 Blatt)
Anlage 2:	Stabwerksberechnung Pfahlhalterung
Anlage 3:	Stabwerksberechnung Stegelement
Anlage 4:	Stabwerksberechnung Ausleger
Anlage 5:	Prüfprotokoll Verbindungselement



1. Vorbemerkungen / Allgemeines

Die vorhandene Steganlage soll durch eine neue Anlage in Aluminium mit Trimax-Belag ersetzt werden.

Die Stege sind 10,0m lang und 2,0m breit. Sie werden durch Ausleger stabilisiert und an Pfählen in der Lage gesichert.

Der Nachweis der Tragfähigkeit, der Kipp- und Kentersicherheit erfolgt nach /3/ und /4/ für eine Verkehrslast von 2,5kN/m² und eine Linienlast von 2,0kN am Rand.

Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt nach Angaben des AG $v=0,5\text{m/s}$.

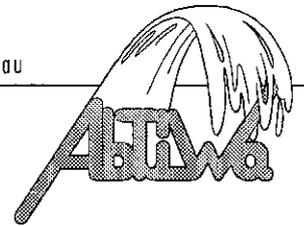
Die Ausleger werden für Lasten aus Wind und Pollerzug nachgewiesen.

Grundlagen der Nachweise sind die Angaben und Zeichnungen des Herstellers, Firma Metallbau Müller Rechlin GmbH.

Für die Haltepfähle liegt ein statischer Nachweis vor.

Literatur

- /1/ DIN 4113-1/A1 (2002-09)
- /2/ DIN 4113-2 (2002-09)
- /3/ RiGeW 2012
- /4/ Merkblatt schwimmende Anlegestellen (2012)



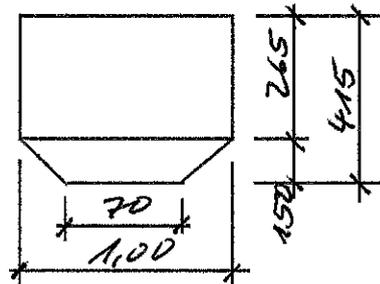
Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.1: STEGELEMENTE 10m*2,0m

POS.1.1: Nachweis des erforderlichen Auftriebs Stegelement

Eigengewicht (Herstellerangaben)	=	10,20 kN
Belastung aus Verkehrslast $v = 2,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 10 \cdot 2,0$	=	50,00 kN
Belastung F	=	60,20 kN

Schwimmkörper :



Länge (im Mittel)	=	1,00 m
B(1)	=	1,70 m
B(2)	=	2,00 m
H	=	0,415 m
h(1)	=	0,265 m
h(2)	=	0,15 m
A (1) = B(2)*h(1)	=	0,53 m ²
A (2) = [B(1)+B(2)]/2*h(2)	=	0,28 m ²

A Schwimmkörper = A1+A2	=	0,81 m ²
Volumen = A*L	=	0,81 m ³
Anzahl der Schwimmkörper z	=	8
Gesamtvolumen V(ges)	=	6,46 m ³

Dichte des Wassers	=	10,00 kN/m ³
vorh. Auftrieb A	=	64,60 kN > erf.A
erf.A = F	=	60,20 kN
$\epsilon = \text{vorh.a/erf.A}$	=	1,07

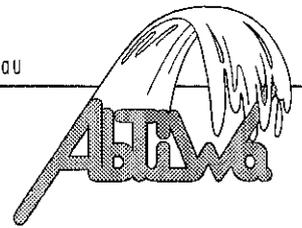
Eintauchtiefe Tg	=	0,37 m
Gesamthöhe Steg	=	0,59 m

Freibord F(b)	=	0,22 m > erf.F(b)
----------------------	---	-----------------------------

unbelastet :

Eintauchtiefe Tg	=	0,07 m
<u>Freibord F(b)-unbelastet-</u>	=	<u>0,52 m</u>





Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

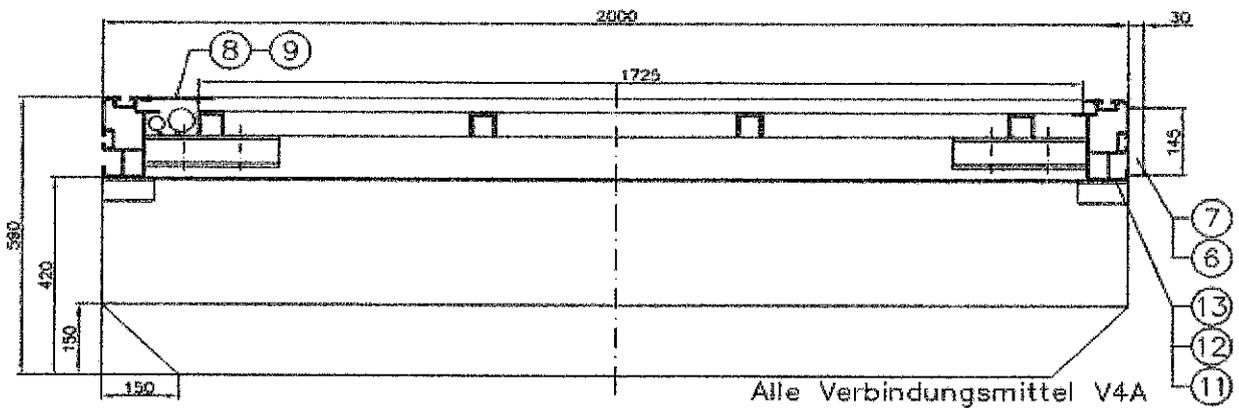
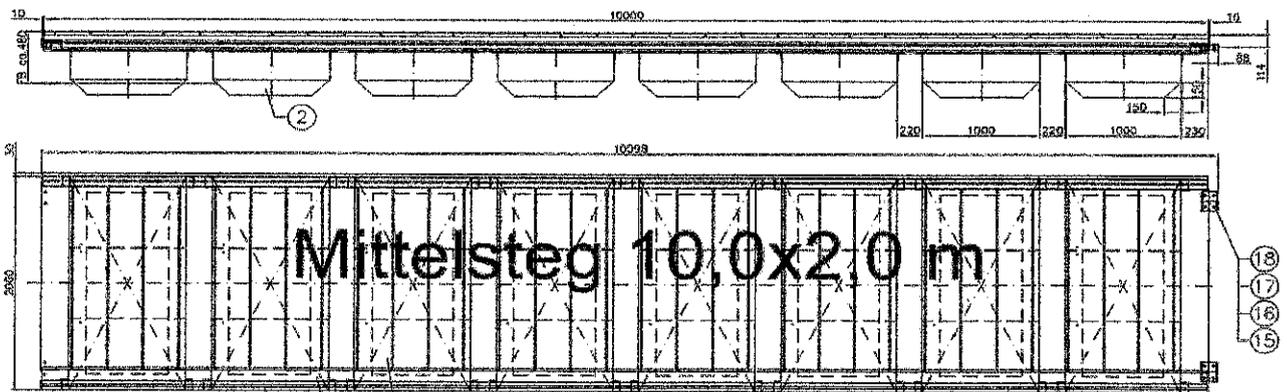
POS.1.2: SCHWIMMSTABILITÄT

Es wird die Schwimmstabilität für ein Element von 10m Länge nachgewiesen.

POS.1.2.1: Geometrie eines Elementes

Stegelement 10 x 2,0m mit 8 Schwimmkörpern 2,00*1,00*0,415m.

Unter Pos. 1.1 wurde der Nachweis der Tragfähigkeit geführt.

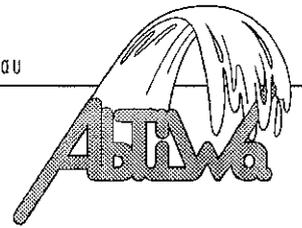


F (G)

=

10,20 kN





Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.1.2.2: Lastannahmen

Nach /3/ wird angesetzt:

eine Verkehrslast p	=	2,50 kN/m ²
Linienlast am Rand F(l)	=	2,00 kN/m

Gleichzeitig können sich auf einem Element max. 60 Personen aufhalten

Der Schwerpunkt der Verkehrslast ist 1,00m über der Stegfläche anzusetzen.

$$h(0) = x(s) - T(g)/2 < I/V$$

- h(0) = Abstand Körperschwerpunkt-Schwerpunkt eingetauchte Fläche
- x(s) = Schwerpunkthöhe
- T(g) = Tiefgang
- I = Trägheitsmoment
- V = Volumen

POS.1.2.3: Verkehrslast auf begehbaren Breite (LF 1)

Geometrie aus Pos.2.1

Belastungsfläche Steg :

Länge L	=	10,00 m
Breite B	=	2,00 m
Belastungsbreite b'	=	1,80 m
F (B) = p*L*b'	=	45,00 kN

ges. F = F(B)+F(G) = 55.20 kN

Schwerpunkthöhe Ponton und Verkehrslast :



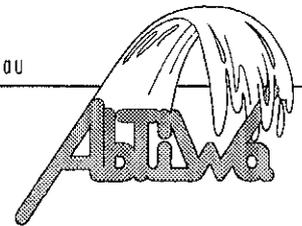
$$x(s) = (h(s)*F(G) + H(S)*F(B)) / \text{ges. F}$$

h(s)	=	0,29 m
H(S)	=	1,59 m
x(s)	=	1,35 m

Eintauchtiefe Ponton

Quader	b	=	2,00 m
	l	=	1,00 m
Anzahl	Z	=	8





Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

$T(g) = \text{ges. } F/(\rho \cdot Z \cdot b \cdot L)$	=	0,35 m
$h(0) = x(s) - T(g)/2$	=	1,17 m
$I = B^3 \cdot L / 12$	=	6,67 m ⁴
$V = Z \cdot I \cdot b \cdot T(g)$	=	5,52 m ³
I/V	=	1,21 m
$h(0) =$	$1,174 < I$	$1,208 = I/V$

Die Schwimmstabilität ist bei Volllast nur über Zusatzmaßnahmen oder eingeschränkte Belastungsbreite (hier: 60 Personen je 10m-Element) gewährleistet.

POS.1.2.4: Einseitige Linienlast, keine Verkehrslast (LF 2)

Linienlast $F(l)$	=	2,00 kN/m
$F(L)$	=	20,00 kN
Schwerpunkthöhe Ponton $x(p)$	=	0,29 m
Schwerpunkthöhe Linienlast $x(l)$	=	0,59 m



$x(s) = (x(p) \cdot F(G) + x(l) \cdot F(L)) / \text{ges. } F$

$x(s) =$ 0,49 m

$T(g) = [F(G) + F(L)] / (\rho \cdot Z \cdot b \cdot l)$	=	0,19 m
$F(b) = h - T(g)$	=	0,40 m

$h(0) = x(s) - T(g)/2 =$ 0,39 m

$M(A) = A \cdot h$ $A =$ 30,20 kN

Hebelarm h :

$h = y \cdot \cos\phi + z \cdot \sin\phi - h(0) \cdot \sin\phi$

$y = B^2 / (12 \cdot Tg) \cdot \tan\phi$

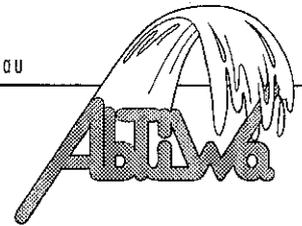
$y =$ 0,70

$z = 0,5 \cdot B^2 / (12 \cdot Tg) \cdot (\tan\phi)^2$

$z =$ 0,14

$\tan = 2 \cdot F(b) / B =$ 0,40





Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
 e-mail: info@aquapool-werlsee

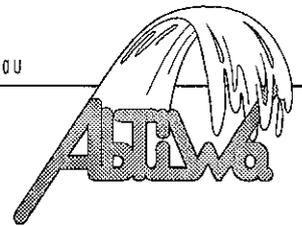
	Winkel ϕ	=	21,62 °(Grenzneigung)
	h	=	0,56 m
	Aufrichtendes Moment M(A)	=	16,83 kNm
	16,83 kNm = M(A) < M(Bei)	=	20,00 kNm

Schwimmstabilität ist in diesem LF nur über Zusatzmaßnahmen gewährleistet.

Bei einer Steglänge von > 370 m
 und einer nutzbaren Stegbreite von = 1,80 m
 beträgt die Anzahl der Personen, die sich gleichzeitig auf dem Schwimmsteg
 aufhalten können = 888 Personen.
 Dieser Fall ist absolut unwahrscheinlich.

An jedem Stegelement von 10 m Länge
 befindet sich mindestens 1 Ausleger, der eine Reduzierung der Krängung bewirkt.





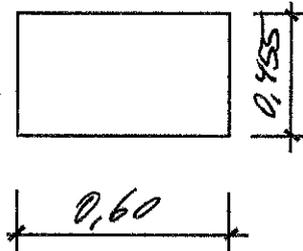
Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.2: NACHWEIS DES AUFTRIEBS AUSLEGER

POS.2.1: 4m-Ausleger

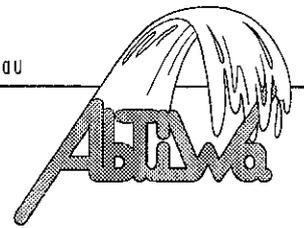
Eigengewicht (Herstellerangaben)	=	2,20 kN
Flächenlast nach Angaben AG	=	1,00 kN/m ²
auf Breite b	=	0,60 m
Last F = 1,0kN/m ² *b*l	=	3,60 kN
Belastung F	=	5,80 kN

Schwimmkörper :



Länge	=	2,50 m
Breite	=	0,60 m
Höhe	=	0,455 m
A Schwimmkörper	=	0,27 m ²
A Schwimmkörper	=	0,27 m ²
Volumen = A*L	=	0,68 m ³
Anzahl der Schwimmkörper z	=	1,00
Gesamtvolumen V(ges)	=	0,68 m ³
Dichte des Wassers	=	10,00 kN/m ³
vorh. Auftrieb A	=	6,83 kN > erf.A
erf.A = F	=	5,80 kN
vorh.A / erf. A	=	1,18
Eintauchtiefe Tg	=	0,39 m
Gesamthöhe Ausleger	=	0,63 m
Freibord F(b)	=	0,24 m > erf.F(b)
unbelastet :		
Eintauchtiefe Tg	=	0,15 m
<u>Freibord F(b)-unbelastet-</u>	=	<u>0,48 m</u>





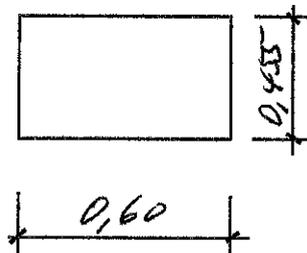
Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.2.2: 6m-Ausleger

Eigengewicht (Herstellerangaben)	=	3,39 kN
Flächenlast nach Angaben AG	=	1,00 kN/m ²
auf Breite b	=	0,60 m
Last F = 1,0kN/m ² *b*I	=	3,60 kN

Belastung F = 6.99 kN

Schwimmkörper :



Länge	=	2,00 m
Breite	=	0,60 m
Höhe	=	0,455 m
A Schwimmkörper	=	0,27 m ²
A Schwimmkörper	=	0,27 m ²
Volumen = A*L	=	0,55 m ³
Anzahl der Schwimmkörper z	=	2,00
Gesamtvolumen V(ges)	=	1,09 m ³

Dichte des Wassers	=	10,00 kN/m ³
vorh. Auftrieb A	=	10,92 kN > erf.A
erf.A = F	=	6,99 kN
vorh.A / erf. A	=	1,56

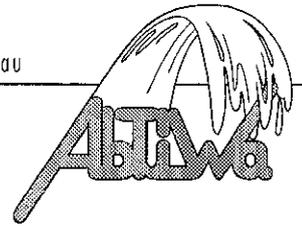
Eintauchtiefe Tg	=	0,29 m
Gesamthöhe Ausleger	=	0,63 m

Freibord F(b) = **0,34 m > erf.F(b)**

unbelastet :

Eintauchtiefe Tg	=	0,14 m
<u>Freibord F(b)-unbelastet-</u>	=	<u>0,49 m</u>





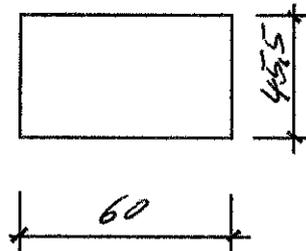
Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.2.3: 8m-Ausleger

Eigengewicht (Herstellerangaben)	=	4,44 kN
Flächenlast nach Angaben AG	=	1,00 kN/m ²
auf Breite b	=	0,60 m
Last F = 1,0kN/m ² *b*l	=	4,80 kN

Belastung F = 9,24 kN

Schwimmkörper :



Länge	=	2,50 m
Breite	=	0,60 m
Höhe	=	0,455 m
A Schwimmkörper	=	0,27 m ²

A Schwimmkörper	=	0,27 m ²
Volumen = A*L	=	0,68 m ³
Anzahl der Schwimmkörper z	=	2,00
Gesamtvolumen V(ges)	=	1,37 m ³

Dichte des Wassers	=	10,00 kN/m ³
vorh. Auftrieb A	=	13,65 kN > erf.A
erf.A = F	=	9,24 kN
vorh.A / erf. A	=	1,48

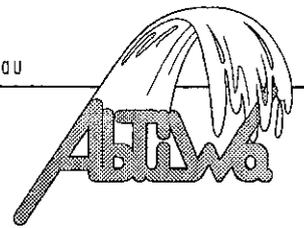
Eintauchtiefe Tg	=	0,31 m
Gesamthöhe Ausleger	=	0,63 m

Freibord F(b) = **0,32 m > erf.F(b)**

unbelastet :

Eintauchtiefe Tg	=	0,15 m
<u>Freibord F(b)-unbelastet-</u>	=	<u>0,48 m</u>





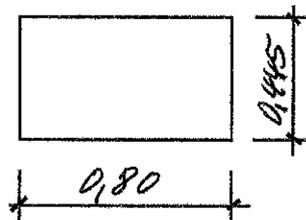
Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.2.4: 10m-Ausleger

Eigengewicht (Herstellerangaben)	=	7,74 kN
Flächenlast nach Angaben AG	=	1,00 kN/m ²
auf Breite b	=	0,80 m
Last F = 1,0kN/m ² *b*1	=	8,00 kN

Belastung F = 15,74 kN

Schwimmkörper :



Länge	=	2,50 m
Breite	=	0,80 m
Höhe	=	0,445 m
A Schwimmkörper	=	0,36 m ²
Volumen = A*L	=	0,89 m ³
Anzahl der Schwimmkörper z	=	2,00
Gesamtvolumen V(ges)	=	1,78 m ³

Länge	=	2,00 m
Breite	=	0,80 m
Höhe	=	0,445 m
A Schwimmkörper	=	0,36 m ²
Volumen = A*L	=	0,71 m ³

Dichte des Wassers	=	10,00 kN/m ³
vorh. Auftrieb A	=	24,92 kN > erf.A
erf.A = F	=	15,74 kN
vorh.A / erf. A	=	1,58

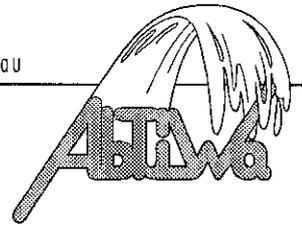
Eintauchtiefe Tg	=	0,28 m
Gesamthöhe Ausleger	=	0,63 m

Freibord F(b) = **0,35 m > erf.F(b)**

unbelastet :

Eintauchtiefe Tg	=	0,14 m
<u>Freibord F(b)-unbelastet-</u>	=	<u>0,49 m</u>





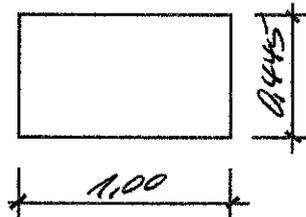
Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.2.5: 12m-Ausleger

Eigengewicht (Herstellerangaben)	=	8,64 kN
Flächenlast nach Angaben AG	=	1,00 kN/m ²
auf Breite b	=	1,00 m
Last $F = 1,0\text{kN/m}^2 \cdot b \cdot l$	=	12,00 kN

Belastung F = 20,64 kN

Schwimmkörper :



Länge	=	2,50 m
Breite	=	1,00 m
Höhe	=	0,445 m
A Schwimmkörper	=	0,45 m ²
Volumen = A*L	=	1,11 m ³
Anzahl der Schwimmkörper z	=	3,00
Gesamtvolumen V(ges)	=	3,34 m ³

Dichte des Wassers	=	10,00 kN/m ³
vorh. Auftrieb A	=	33,38 kN > erf.A
erf.A = F	=	20,64 kN
vorh.A / erf. A	=	1,62

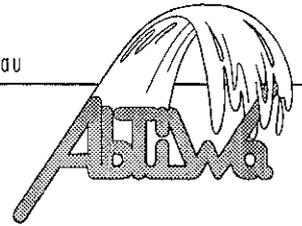
Eintauchtiefe Tg	=	0,28 m
Gesamthöhe Ausleger	=	0,63 m

Freibord F(b) = **0,35 m > erf.F(b)**

unbelastet :

Eintauchtiefe Tg	=	0,12 m
<u>Freibord F(b)-unbelastet-</u>	=	<u>0,51 m</u>





Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.4: LAGESICHERUNG STEGE

POS.4.1: Lasten

Mittelwasser; Strömungsgeschwindigkeit v=0,5m/s

Die Steganlage liegt parallel zum Ufer und erhält so die Strömung auf der Stegbreite.
Es wird davon ausgegangen, dass zusätzlich ein Boot am Ausleger liegt.

angeströmte max. Breite:	=	14 m
die maximale Eintauchtiefe wird angesetzt		
mittlere h(t)	=	0,70 m
A = L*h(t)	=	9,80 m ²

Die Strömungsgeschwindigkeit wurde vorgegeben mit Mittelwasser v	=	0,5 m/s
--	---	---------

der Widerstandsbeiwert wird angesetzt c(W)	=	1,5
--	---	-----

W(St) = A*p/2*v^2*c(w)	=	1,84 kN
-------------------------------	---	----------------

Summe H = W(St)	=	1,84 kN
------------------------	---	----------------

Die Stege sind über Halterungen an Pfählen befestigt. Nachweis der Halterungen für H _x	=	1,84 kN
--	---	---------

Wind nach DIN EN 14504

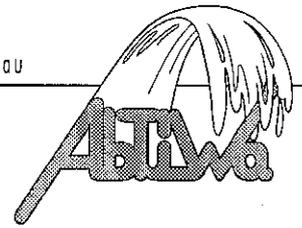
Bei Windangriff auf die Längsseite des Schwimmsteiges ergibt sich bei einer Länge (Pfahlabstand) von max.	=	15,00 m
und einer Höhe über Wasser (bei MW=mit Booten)	=	1,50 m
ein Windangriffsfläche von A = h*L	=	22,50 m ²

Windlast nach DIN EN 14504 Anhang 8 w	=	0,65 kN/m ²
---------------------------------------	---	------------------------

res. Windlast W = w*A	=	14,63 kN
------------------------------	---	-----------------

Last/Pfahlhalterung H(Wind)	=	14,63 kN
-----------------------------	---	----------





Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.4.2: Nachweis der Pfahlhalterung

Materialdaten:

Aluminium EN AW-6060 T66

		Grundwerkstoff
Biegung	=	8,80 kN/cm ²
Schub	=	10,00 kN/cm ²
		WEZ-Zone
Biegung	=	4,80 kN/cm ²
Schub	=	2,80 kN/cm ²

Die Berechnung erfolgt mit einem Stabwerksprogramm für folgende Lasten:

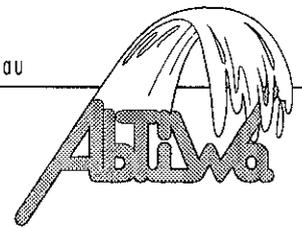
max. H _x	(Strömung)	=	1,84 kN
max. H _y	(Wind)	=	14,63 kN
max. Z	(Trossenzug, 2 Boote)	=	10,00 kN
Anprall	(Knotenlast, Sonderlast)	=	10,00 kN

Die Berechnung der Betriebslastfälle ergibt eine Überlastung von 3,00 %
Diese Überlastung ist tolerierbar.

Nachweis der Verbindungsmittel:

A4-70	Zugfestigkeit f _{ub}	=	70,00 kN/cm ²
M 16	A _s	=	2,01 cm ²
	k ₂	=	0,90
	γ _{M2}	=	1,25
Grenzzugkraft F _{t,Rd} = k ₂ * f _{ub} * A _s / γ _{M2}		=	101,28 kN
Grenzabscherkraft F _{v,Rd} = 0,6 * f _{ub} * A _s / γ _{M2}		=	67,52 kN
max. N (Anschluß Seitenträger-Rollenträger Wasserseite)		=	11,37 kN
max. Q (Randträger)		=	11,37 kN
Pro Anschluß sind 4 Schrauben vorhanden.			
Nachweis für 1 Schraube (Zug und Abscheren):			
ε	= N / F _{v,Rd} + Q / 1,4 * F _{t,Rd}	=	0,25 < 1





Tel./Fax: 0 33 62 - 2 33 44/55
e-mail: info@aquapool-werlsee

POS.5: NACHWEIS DER TRAGWERKE

Material:

Aluminium EN AW-6060 T66

		Grundwerkstoff
Biegung	=	8,80 kN/cm ²
Schub	=	10,00 kN/cm ²

		WEZ-Zone
Biegung	=	4,80 kN/cm ²
Schub	=	2,80 kN/cm ²

Die Nachweise im 3D-Stabwerk werden mit den Kennwerten für die WEZ geführt.

POS.5.1: Stegelement 10m*2,0m (Anlage 3)

Der Nachweis des Tragwerkes eines Stegelementes 10m*2,0m wird über ein 3D-Stabwerksprogramm geführt.

Die aussteifende Wirkung der Schwimmer wird durch Zugbänder berücksichtigt.

Der Lastabtrag über die Schwimmer wird über eine Federung von 10,00 kN/m simuliert.

Folgende Horizontallasten werden berücksichtigt:
Einzellast aus Trossenzug von Z = 5,00 kN

Windlast auf ein Stegelement W (s. Pos.4.1) = 0,98 kN/m

POS.5.2: Ausleger (Anlage 4)

Trossenzug Z = 5,00 kN

Pollerzug unter Winkel (z.Bsp. 7m-Boot am 6m-Ausleger) 45,00 °

Zerlegung Pollerzug in:

$P_x = \cos\alpha \cdot Z$ = 3,54 kN

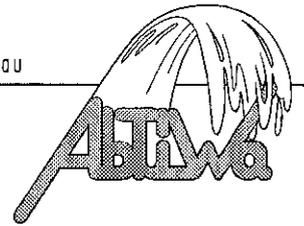
$P_y = \sin\alpha \cdot Z$ = 3,54 kN

Bei Windangriff auf die Längsseite der Ausleger ergibt sich bei einem durchgehendem Höhenband über Wasser (bei MW=mit Booten) von = 1,20 m

Kraftbeiwert c =
Windlast nach DIN EN 14504 Anhang 8 w = 0,65 kN/m²

res. Windlast pro Meter W = $q \cdot c \cdot h$ = 0,78 kN/m





POS.5.3: Nachweisergebnisse

Die maximale Auslastung der Stegelemente unter horizontaler Belastung liegt beim Trossenzug bei = 88,40 %

Die Auflagerkräfte an den Nachbarelementen im LF Wind betragen in x-Richtung
 max. = 4,61 kN
 min. = -4,75 kN
 in y-Richtung = 5,53 kN

Die Verbindung zwischen 2 Stegelemente erfolgt über Elastomerelemente.
 Abmessungen: 180*145*50mm
 mit 4 Bohrungen M 16 (Schrauben A2)

Nachweis der Verbindungsmittel:

A4-50	Zugfestigkeit f_{ub}	=	50,00 kN/cm ²
M 16	A_s	=	2,01 cm ²
	k_2	=	0,90
	γ_{M2}	=	1,25
Grenzzugkraft $F_{t,Rd} = k_2 * f_{ub} * A_s / \gamma_{M2}$		=	72,35 kN
Grenzabscherkraft $F_{v,Rd} = 0,6 * f_{ub} * A_s / \gamma_{M2}$		=	48,23 kN
Auslastung bei Ansatz einer Schraube: (Überlagerung in x/y-Richtung) ϵ		=	0,21 << 1

Die maximale Auslastung des 12m-Auslegers unter horizontaler Belastung liegt beim Trossenzug bei = 89,70 %
 bei Windlast = 110,90 %

Die Überlastung wird durch den Belag aufgenommen, der in der Berechnung nicht berücksichtigt wurde.

