



Das HZ[®]-M Spundwandensystem

Neue Norm
EN 10248 Teil 1 und 2



Umschlag:

Hafen von Giurgiu, Rumänien © Dewatering and Piling | PORR



Inhalt

Einleitung	2
Eigenschaften, Besonderheiten	4
Definition des HZ [®] -M Spundwandensystems	4
HZ-M Tragbohlen	4
AZ – Zwischenbohlen	10
Schlossprofile	10
Lieferbedingungen	11
Standard-Schweißanordnungen	11
Eigenschaften von Kombinationen (globaler Sicherheitsansatz)	12
Eigenschaften von Kombinationen (Ansatz gemäß EN 1993-5)	20
Eigenschaften der Kombinationen C 1 und C 23	28
Entwurf eines HZ-M Spundwandensystems	30
Überprüfung der Stahlspannung (globaler Sicherheitsansatz)	30
Überprüfung der Stahlspannung (Ansatz gemäß EN 1993-5)	31
Praktische Aspekte	32
Dauerhaftigkeit	33
Aufnehmbarer Wasserdruck	34
Querschnittsklassifizierung von HZ-M (EN 1993)	37
Grundsätze und Symbole	39
Bau von kombinierten HZ-M Spundwänden	40
Einbringverfahren	40
HZ-M-spezifische Rückverankerung	47
Referenzen	48
Anhang 1: Bemessungsbeispiel gemäß EN 1993-5	49
Anhang 2: HZ-M Statisches Moment & Plastisches Widerstandsmoment	57
Anhang 3: Kombinationen sortiert nach aufsteigendem elastischen Widerstandsmoment	58

Einleitung

Die Entwicklung des HZ[®]-M Spundwandsystems

Der Wettlauf um den Bau größerer Schiffe für den Transport von Containern und Massengütern rund um die Welt führte zu einer Erhöhung der Wassertiefe wichtiger Häfen, wodurch ein Bedarf an Anlegeplätzen für Schwerlastschiffe entstand. Um diesen Anforderungen seitens der Häfen gerecht zu werden, wurden herkömmliche Stahlspundbohlen durch „kombinierte Spundwände“ ersetzt, die aus zwei sich ergänzenden Elementen bestehen: einem Primärelement (Tragbohle) und einem Sekundärelement (Zwischenbohle).

Angesichts dieser unausweichlichen Entwicklung im Hauptanwendungsbereich hochwertiger konventioneller Stahlspundbohlen begann „Arbed“ (seit 2007 ArcelorMittal) in Luxemburg in den 1970er Jahren mit der Produktion des kombinierten Spundwandsystems **HZ-ZH**. Dieses System setzte sich schnell als bevorzugte Wahl für den Bau neuer Kaimauern in großen Häfen in Deutschland, Italien, den USA und vielen Schwellenländern durch.

Später in den 1990er Jahren führte die Entwicklung der AZ-Stahlspundbohlen zu einer Verbesserung des Systems: Einführung neuer HZ-Tragbohlen, die in verschiedenen Dicken erhältlich waren und gemeinsam mit den AZ-Spundbohlen als Zwischenbohlen eingesetzt wurden. Dieses **HZ/AZ**-System erwies sich als großer Erfolg und wird nach wie vor weltweit eingesetzt, beispielsweise in den meisten großen Häfen, bei tiefen Baugruben, in tiefen wasserdichten Kofferdämmen usw. Die Lieferungen des HZ/AZ-Spundwandsystems in den letzten Jahren bestätigten diesen anhaltenden Erfolg.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts setzte sich der Trend zu immer größeren Seeschiffen fort. Es wurde erwartet, dass die Lasten an den zukünftigen Liegeplätzen weiter zunehmen würden. Mehrere neue Megahäfen befanden sich in der Planungsphase und die meisten bestehenden Häfen erweiterten ihre Kapazitäten. Diese Investitionen erforderten den Bau zahlreicher neuer Kaimauern sowie die Vertiefung bestehender Kaianlagen. Neue Anwendungsbereiche machten zudem größere Stützwände mit hoher Tragfähigkeit notwendig.

Infolgedessen wurde langfristig ein Mangel an Produktionskapazitäten für die kombinierten HZ/AZ-Spundwände prognostiziert. Um weiterhin hochmoderne und wettbewerbsfähige Spundwandlösungen anbieten zu können, stand ArcelorMittal vor der neuen Herausforderung, höhere warmgewalzte HZ-Profile mit dickeren Flanschen zu entwickeln und gleichzeitig die Produktivität und Produktionskapazität erheblich zu steigern sowie die Kosteneffizienz zu verbessern. Für diese Entwicklung musste unsere Forschungs- und Entwicklungsabteilung eine unglaubliche Menge an Parametern und Einschränkungen berücksichtigen.

Im Jahr 2007 starteten wir das finale Forschungsprojekt dieser Entwicklungsreihe. Es wurden zahlreiche technische Lösungen analysiert und anschließend mehrere vielversprechende Alternativen eingehend untersucht, um die optimale Wahl zu treffen: ein **technisch herausragendes und bewährtes System** auf Grundlage vorhandener Erfahrungen und Technologien, sowie eine **wirtschaftlich äußerst wettbewerbsfähige Lösung** im Vergleich zu bestehenden Systemen und alternativen Bauweisen und Materialien.

Das HZ[®]-M Spundwandkonzept basiert darauf, **einen Breitflanschträger, den HZ[®]-M, mit variabler Flanschdicke warm zu walzen und anschließend eine Nut in die Flansche** zu fräsen, in die ein Schlossprofil eingefädelt und verschweißt wird. Das resultierende Produkt ist dem bisherigen HZ/AZ-System sehr ähnlich.

Dieses innovative System erfordert spezielle Fräsmaschinen, die für diese hochpräzise Aufgabe entwickelt und gebaut wurden. Führende Maschinenhersteller wurden beauftragt, ein exklusives Fräswerkzeug zu entwickeln und zu liefern, das im Vergleich zur bisherigen Lösung sowohl eine höhere Produktionskapazität als auch Produktivität garantieren sollte.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die geringen Frästoleranzen eine deutlich festere und qualitativ bessere mechanische Verbindung zwischen dem Flansch der Tragbohle und den warmgewalzten Schlossprofilen RH/RZ ermöglichen.

Weniger als ein Jahr später, im Jahr 2008, war ArcelorMittal stolz darauf, das erste HZ[®]-M-Profil in einem HZ[®]-M Spundwandssystem Just-in-Time für ein Großprojekt in Norddeutschland zu liefern. Dies stellte eine große Herausforderung dar, die Dank der hervorragenden Zusammenarbeit mehrerer Abteilungen in Luxemburg gemeistert werden konnte: F&E, Walzwerk, Technik und Vertrieb. Die Flexibilität des Systems wurde im Jahr 2013 durch die Erweiterung der HZ-M Reihe um das Profil HZ 680M LT weiter erhöht.

Seit 2015 sind mit der Einführung der AZ-800-Profile weitere Zwischenbohlen erhältlich, die die Wettbewerbsfähigkeit des HZ[®]-M-Systems zusätzlich gesteigert haben. Im Jahr 2019 wurde das Profil HZ 680M LT durch das neue Profil HZ 630M ersetzt, um der Nachfrage nach stärkeren kombinierten Spundwänden mit begrenzter Bauhöhe gerecht zu werden.

Wir haben nie am Erfolg dieses Systems gezweifelt und sind überzeugt, dass unsere Kunden in unserem umfangreichen Angebot an HZ/AZ-Kombinationen stets die wirtschaftlichste Lösung für ihr Projekt finden.

Bis 2019 hat ArcelorMittal bereits mehr als eine Million Tonnen des HZ/AZ-Systems weltweit ausgeliefert: unter anderem nach Brasilien, Kanada, Frankreich, Deutschland, Italien, Mexiko, Nigeria, Polen, Russland, Südafrika, in die Niederlande, nach Großbritannien und in die USA.

Das 2021 eingeführte **Label „EcoSheetPile™ Plus“** bestätigt, dass die Stahlspundbohlen **aus 100 % recyceltem Stahl und unter Verwendung von 100 % zertifiziertem Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt werden.**

Diese Nachhaltigkeit wird durch eine Umweltproduktdeklaration (EPD) nachgewiesen, die auf einer speziellen Lebenszyklusanalyse basiert. EcoSheetPile™ Plus ist ein wesentlicher Bestandteil der ArcelorMittal-Initiative **„XCarb™ recycelt und erneuerbar hergestellt“**, deren **Ziel es ist**, bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen.

EcoSheetPile™ Plus

XCarb[®]
Recycelt und erneuerbar
hergestellt

Das HZ[®]-M Spundwandsystem

Das HZ-M Spundwandsystem ist eine der bevorzugten Lösungen für Hafenanlagen und tiefe Baugruben. Es handelt sich um ein kombiniertes HZ/AZ-Spundwandsystem, das aus folgenden Elementen besteht:

- HZ-M Tragbohlen, die zwei verschiedene strukturelle Funktionen erfüllen: Sie widerstehen Boden- und hydrostatischem Druck und tragen Vertikallasten;
- AZ-Doppelbohlen als Zwischenelemente, die eine Bodenhalte- und Lastübertragungsfunktion übernehmen und in der Regel kürzer sind als die HZ-M Tragbohlen;
- spezielle warmgewalzte Schlossprofile (RH, RZD, RZU), die die Zwischenbohlen mit den HZ-M Tragbohlen verbinden und so eine durchgehende Wand gewährleisten.

Das allgemeine Konzept des HZ[®]-M Spundwandsystems basiert auf steifen Tragbohlen in Kombination mit leichten Zwischenbohlen, was zu einer insgesamt sicheren und wirtschaftlichen Stützkonstruktion mit hoher Tragfähigkeit, großer Steifigkeit und hoher Biegemomenten Tragfähigkeit führt.

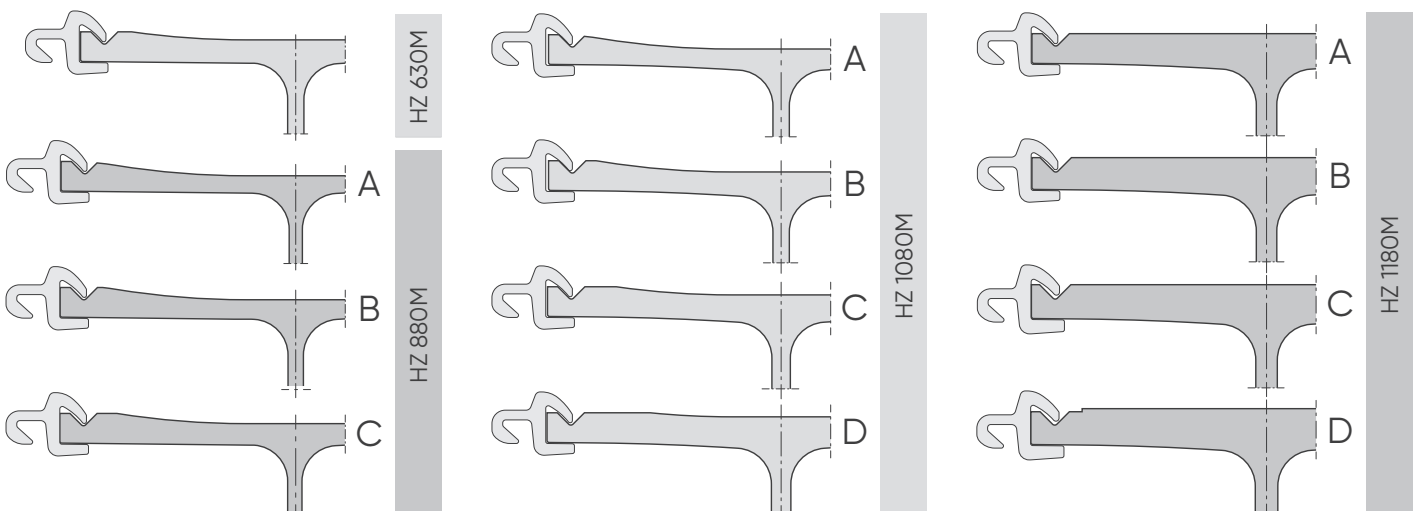
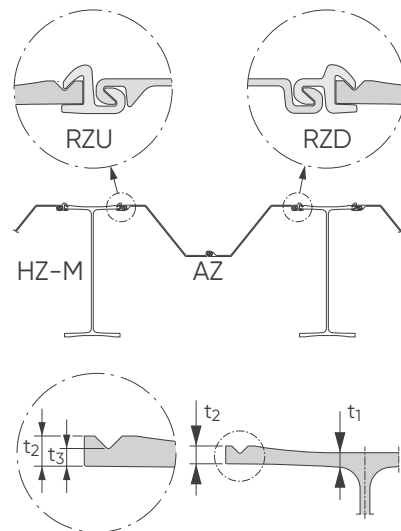
Der Hauptvorteil der HZ-M Tragbohlen liegt in der konkaven Geometrie der Flansche der leichteren Profile und der unübertroffenen Flanschdicke der schwereren Tragbohlenprofile mit bis zu 40 mm.

Zum Einfädeln der RH/RZ-Schlossprofile wird eine Nut in den Flansch gefräst. Die Fräsausrüstung wurde so konzipiert, dass sehr enge Toleranzen der Nut gewährleistet sind, was die Verriegelung der Verbindung verbessert und eine ausreichende Reststahlstärke sicherstellt. Die Nut wird nur bei Bedarf gefräst; Flansche ohne Schlossprofile werden nicht gefräst.

Die Schlossprofile werden über die Fräsnuten des HZ-M-Pfahls eingefädelt und teilweise verschweißt, wodurch die Steifigkeit und das Widerstandsmoment der gesamten Wand erhöht werden. Im Gegensatz zu anderen kombinierten Spundwandssystemen gewährleistet die Geometrie der Schlossprofile eine „mechanische Verbindung“ zwischen den beiden Elementen des HZ/AZ-Systems und garantiert den Verbund der Wand, ohne dass die Schlossprofile voll verschweißt werden müssen.

Darüber hinaus bietet das HZ/AZ-System mehrere Vorteile gegenüber vergleichbaren Rohr-Kombiwänden:

- Es bildet eine fast gerade Wand auf der Wasserseite/ Aushubseite;
- Die Tiefe des HZ/AZ-Systems ist geringer, was besonders bei beengten Platzverhältnissen von Vorteil ist (z. B. bei der Errichtung einer Wand vor einer bestehenden Kaianlage);
- Reduzierte Auswirkungen der Meerwasserkorrosion auf die Lebensdauer (nur die vordere Flanschseite des HZ-M-Trägers ist dem Meerwasser ausgesetzt);
- Die mechanische Verbindung der RZ-Schlossprofile mit den HZ-M-Trägern bietet zusätzliche Sicherheit, z. B. bei Korrosion der Befestigungsschweißung;
- Die Errichtung der Holmabdeckung ist einfacher und erfordert weniger Beton;
- Die Verankerung des HZ-M-Trägers ist einfacher auszuführen (siehe entsprechender Absatz auf Seite 47).

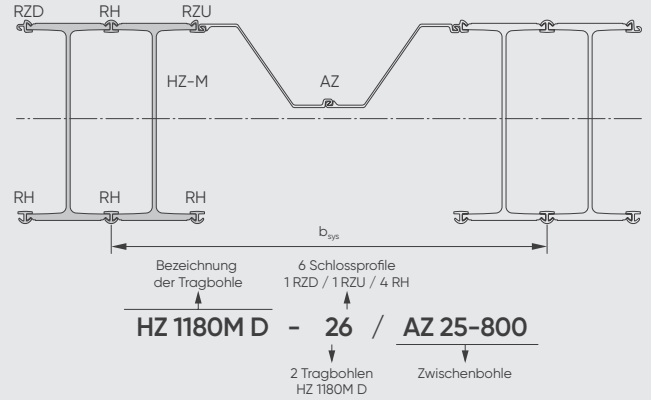


Eigenschaften

Definition des HZ[®]-M Spundwandsystems

Das herausragende Merkmal des kombinierten HZ/AZ-Spundwandsystems ist die große Vielfalt an möglichen Kombinationen, die sich aus dem gesamten AZ-Spundbohlensortiment ergibt (6 Lösungen für jedes HZ-M-Profil; einschließlich aller auf- und abgewalzten AZ-Profile). Die Kombinationen folgen stets demselben Grundprinzip: Tragkonstruktionen aus 1 oder 2 HZ-M Tragbohlen, die sich mit AZ-Doppelbohlen als Zwischenbohlen abwechseln, oder alternativ ohne Zwischenbohlen ausgeführt werden.

In dieser Broschüre beschränken sich die Tabellen auf die wichtigsten Optionen für Zwischenbohlen aus unserem AZ-Walzprogramm. Daten zu weiteren Kombinationen sind jedoch auf Anfrage erhältlich.



Bezeichnung des HZ-M Spundwandsystems:

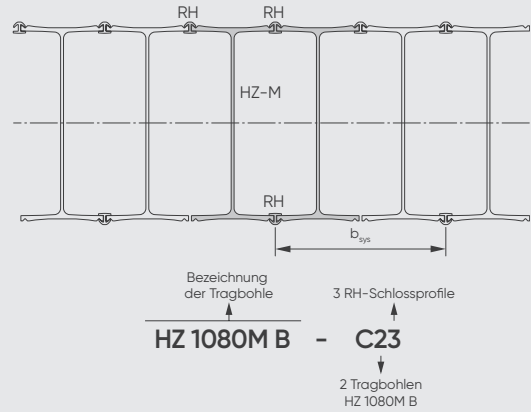
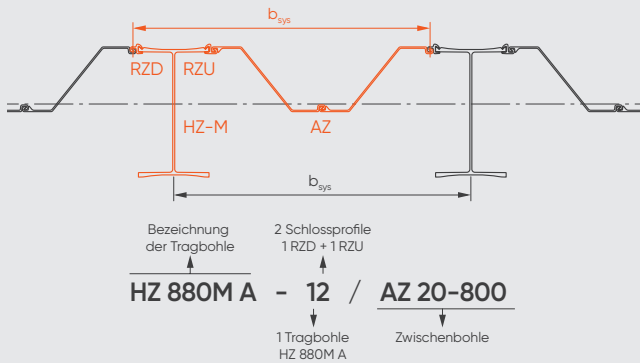
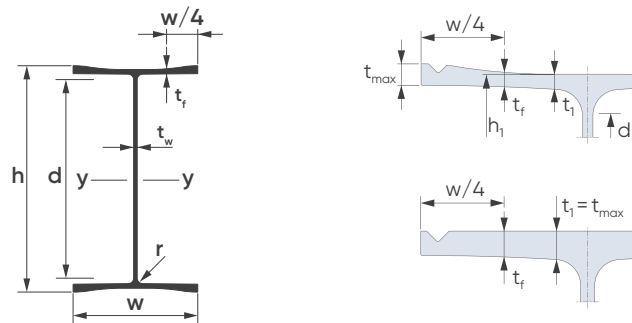


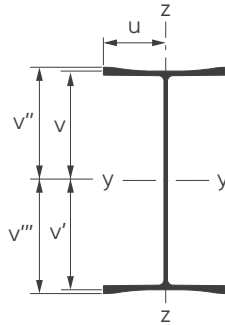
Abb. 1. HZ/AZ-Spundwandsystem: Definitionen und Bezeichnungen.

HZ[®]-M Tragbohlen



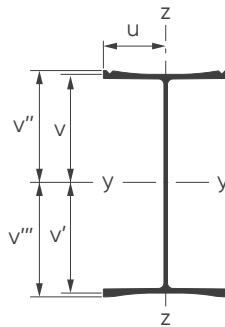
Querschnitt	h	h ₁	d	w	t _f	t _{max}	t _f	t _w	r	A _v	Geeignete Schlossprofile
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	
HZ 630M	631,4	615,7	510,1	420	22,7	29,0	24,2	16,0	30	116,1	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 880M A	831,3	803,4	709,6	458	16,9	29,0	18,9	13,0	30	120,0	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 880M B	831,3	807,4	709,6	460	18,9	29,0	20,9	15,0	30	137,2	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 880M C	831,3	811,4	709,6	460	20,9	29,0	22,9	15,0	30	139,0	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 1080M A	1075,3	1047,4	945,6	454	20,7	29,0	19,6	16,0	30	185,8	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 1080M B	1075,3	1053,4	945,6	454	23,7	29,0	22,6	16,0	30	188,3	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 1080M C	1075,3	1059,4	945,6	456	26,7	29,0	25,7	18,0	30	211,4	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 1080M D	1075,3	1067,4	945,6	457	30,7	30,7	29,7	19,0	30	225,1	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 1180M A	1075,4	-	945,6	458	34,7	34,7	31,0	20,0	30	238,9	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 1180M B	1079,4	-	945,6	458	36,7	36,7	33,0	20,0	30	240,6	RZD/RZU 16 RH 16
HZ 1180M C	1083,4	-	945,6	459	38,7	38,7	35,0	21,0	30	252,7	RZD/RZU 18 RH 20
HZ 1180M D	1087,4	-	945,6	460	40,7	40,7	37,0	22,0	30	264,9	RZD/RZU 18 RH 20

Form 100



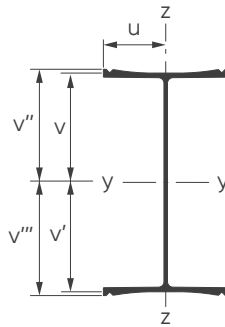
Querschnitt	Abmessungen					Eigenschaften der Form										
	v	v'	v''	v'''	u	A	G	I _y	I _z	I _t	I _ω	W _{ely} *	W _{ely} **	W _{el,z}	A _{LW}	A _{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	307,9	307,9	315,7	315,7	210,0	312,0	244,9	220 860	34 220	598,3	29 450	7175	-	1630	0,421	2,430
HZ 880M A	401,7	401,7	415,7	415,7	229,0	299,8	235,3	362 700	40 000	399,0	60 640	9030	-	1745	0,459	2,949
HZ 880M B	403,7	403,7	415,7	415,7	230,0	332,4	260,9	398 680	42 780	517,7	65 270	9875	-	1860	0,461	2,951
HZ 880M C	405,7	405,7	415,7	415,7	230,0	346,9	272,3	422 700	44 360	597,7	68 170	10 420	-	1930	0,461	2,950
HZ 1080M A	523,7	523,7	537,7	537,7	227,0	371,8	291,9	699 490	39 320	547,9	102 000	13 355	-	1730	0,455	3,403
HZ 1080M B	526,7	526,7	537,7	537,7	227,0	395,2	310,2	764 780	42 300	685,5	110 600	14 520	-	1865	0,455	3,403
HZ 1080M C	529,7	529,7	537,7	537,7	228,0	437,2	343,2	843 200	44 950	904,7	118 400	15 920	-	1970	0,457	3,405
HZ 1080M D	533,7	533,7	537,7	537,7	228,5	471,2	369,9	919 590	46 930	1156,9	124 900	17 230	-	2055	0,457	3,405
HZ 1180M A	537,7	537,7	537,7	537,7	229,0	498,4	391,3	977 280	47 940	1391,0	128 600	18 175	-	2095	0,458	3,406
HZ 1180M B	539,7	539,7	539,7	539,7	229,0	516,7	405,6	1 030 390	51 140	1592,0	137 800	19 090	-	2235	0,458	3,414
HZ 1180M C	541,7	541,7	541,7	541,7	229,5	545,9	428,5	1 094 540	54 720	1860,3	148 000	20 205	-	2385	0,459	3,423
HZ 1180M D	543,7	543,7	543,7	543,7	230,0	575,1	451,5	1 159 330	58 340	2177,9	158 300	21 325	-	2535	0,460	3,432

Form 102



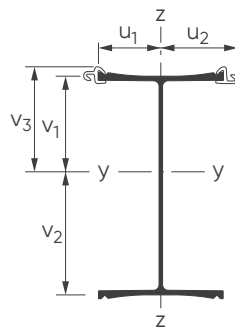
Querschnitt	Abmessungen					Eigenschaften der Form										
	v	v'	v''	v'''	u	A	G	I _y	I _z	I _t	I _ω	W _{ely} *	W _{ely} **	W _{el,z}	A _{LW}	A _{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	311,4	304,4	319,2	312,2	210,0	308,6	242,2	217 460	33 010	569,2	28 410	6985	-	1570	0,440	2,430
HZ 880M A	406,1	397,3	420,1	411,3	229,0	296,6	232,8	357 280	38 650	375,0	58 600	8800	-	1690	0,478	2,949
HZ 880M B	408,0	399,4	420,0	411,3	230,0	328,9	258,2	392 750	41 300	490,1	63 000	9625	-	1795	0,481	2,951
HZ 880M C	409,9	401,5	419,8	411,5	230,0	343,4	269,6	416 770	42 880	570,2	65 890	10 170	-	1865	0,480	2,950
HZ 1080M A	528,2	519,2	542,2	533,1	227,0	368,7	289,4	690 560	38 020	525,9	98 560	13 075	-	1675	0,473	3,403
HZ 1080M B	531,4	522,0	542,4	532,9	227,0	391,7	307,5	754 830	40 860	656,5	106 800	14 205	-	1800	0,475	3,403
HZ 1080M C	534,0	525,4	541,9	533,4	228,0	433,7	340,5	833 250	43 490	876,2	114 500	15 605	-	1910	0,476	3,405
HZ 1080M D	537,7	529,7	541,6	533,7	228,5	467,7	367,2	909 650	45 470	1129,1	121 000	16 920	-	1990	0,477	3,405
HZ 1180M A	541,5	533,9	541,5	533,9	229,0	494,9	388,5	967 270	46 460	1352,9	124 600	17 865	-	2030	0,477	3,406
HZ 1180M B	544,5	534,9	544,5	534,9	229,0	512,1	402,0	1 017 000	49 170	1544,3	132 400	18 675	-	2145	0,481	3,414
HZ 1180M C	546,3	537,1	546,3	537,1	229,5	541,2	424,9	1 081 070	52 740	1817,9	142 600	19 790	-	2300	0,482	3,423
HZ 1180M D	550,4	537,0	550,4	537,0	230,0	568,1	445,9	1 138 630	55 340	2110,2	150 000	20 690	-	2405	0,487	3,432

Form 104



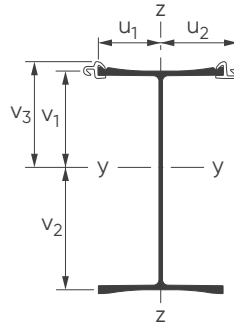
Querschnitt	Abmessungen					Eigenschaften der Form										
	v	v'	v''	v'''	u	A	G	I_y	I_z	I_t	I_w	W_{ely}^*	W_{ely}^{**}	$W_{el,z}$	A_{LW}	A_{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	307,9	307,9	315,7	315,7	210,0	305,1	239,5	214130	31800	543,5	27440	6955	-	1515	0,440	2,449
HZ 880M A	401,7	401,7	415,7	415,7	229,0	293,4	230,3	351980	37300	352,1	56690	8760	-	1630	0,478	2,967
HZ 880M B	403,7	403,7	415,7	415,7	230,0	325,5	255,5	386940	39810	463,4	60880	9585	-	1730	0,481	2,970
HZ 880M C	405,7	405,7	415,7	415,7	230,0	339,9	266,8	410960	41390	543,2	63760	10130	-	1800	0,480	2,970
HZ 1080M A	523,7	523,7	537,7	537,7	227,0	365,6	287,0	681790	36720	500,8	95400	13020	-	1620	0,473	3,421
HZ 1080M B	526,7	526,7	537,7	537,7	227,0	388,3	304,8	745050	39420	629,6	103200	14145	-	1735	0,475	3,423
HZ 1080M C	529,7	529,7	537,7	537,7	228,0	430,3	337,8	823460	42040	849,0	110900	15545	-	1845	0,476	3,424
HZ 1080M D	533,7	533,7	537,7	537,7	228,5	464,3	364,4	899860	44000	1102,0	117300	16860	-	1925	0,477	3,425
HZ 1180M A	537,7	537,7	537,7	537,7	229,0	491,4	385,8	957390	44980	1332,0	120900	17805	-	1965	0,477	3,426
HZ 1180M B	539,7	539,7	539,7	539,7	229,0	507,5	398,4	1003860	47210	1511,8	127500	18600	-	2060	0,481	3,437
HZ 1180M C	541,7	541,7	541,7	541,7	229,5	536,6	421,2	1067820	50760	1780,5	137600	19710	-	2210	0,482	3,446
HZ 1180M D	543,7	543,7	543,7	543,7	230,0	561,0	440,4	1118440	52340	2042,4	142500	20570	-	2275	0,487	3,447

Form 124



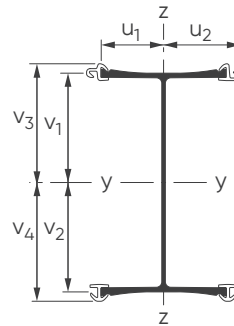
Querschnitt	Abmessungen					Eigenschaften der Form										
	v_1	v_2	v_3	u_1	u_2	A	G	I_y	I_z	I_t	I_w	W_{ely}^*	W_{ely}^{**}	$W_{el,z}$	A_{LW}	A_{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	272,1	343,6	300,3	209,9	263,9	346,2	271,8	247130	52190	702,2	38320	7190	8230	1980	0,582	2,546
HZ 880M A	352,4	451,0	386,8	228,8	282,9	334,5	262,6	410130	61300	503,4	79340	9095	10605	2165	0,621	3,019
HZ 880M B	358,7	448,7	391,1	229,9	283,9	366,6	287,8	445810	64010	614,6	84400	9935	11400	2255	0,624	3,022
HZ 880M C	362,4	449,0	392,8	229,9	283,9	381,0	299,1	470100	65590	695,0	87810	10470	11970	2310	0,624	3,021
HZ 1080M A	470,8	576,6	505,1	226,9	280,9	406,7	319,3	783040	60320	651,8	133500	13580	15500	2150	0,617	3,473
HZ 1080M B	476,6	576,8	507,9	226,9	280,9	429,4	337,0	846900	63020	781,7	142700	14685	16675	2245	0,618	3,474
HZ 1080M C	484,1	575,3	512,4	227,9	281,9	471,4	370,0	926280	65840	998,7	151900	16100	18080	2335	0,619	3,476
HZ 1080M D	491,2	576,3	515,5	228,4	282,4	505,4	396,7	1003330	67900	1252,3	159500	17410	19465	2405	0,620	3,476
HZ 1180M A	497,3	578,1	517,6	228,9	282,9	532,6	418,1	1061330	68980	1495,6	163800	18360	20505	2440	0,621	3,477
HZ 1180M B	500,5	578,9	518,8	228,9	282,9	548,6	430,6	1108050	71210	1677,6	171400	19140	21360	2515	0,622	3,484
HZ 1180M C	500,8	582,6	520,1	229,4	283,4	582,2	457,0	1182510	76990	2024,9	186200	20300	22735	2715	0,635	3,493
HZ 1180M D	504,5	582,9	521,8	229,9	283,9	606,6	476,2	1233510	78680	2290,7	192000	21160	23640	2770	0,641	3,497

Form 12



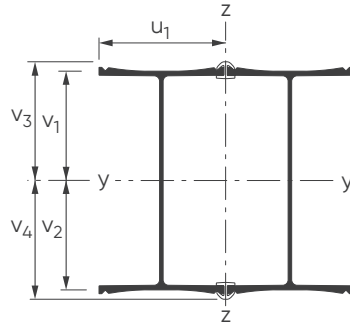
Querschnitt	Abmessungen					Eigenschaften der Form										
	v_1	v_2	v_3	u_1	u_2	A	G	I_y	I_z	I_t	I_w	W_{ely}^*	W_{ely}^{**}	$W_{el,z}$	A_{LW}	A_{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	275,5	340,2	303,8	209,9	263,9	349,7	274,5	251260	53400	725,6	40250	7385	8270	2025	0,582	2,527
HZ 880M A	356,7	446,7	391,1	228,8	282,9	337,7	265,1	416790	62650	526,1	83160	9330	10660	2215	0,621	3,001
HZ 880M B	363,0	444,4	395,3	229,9	283,9	370,0	290,5	452960	65490	641,1	88550	10190	11460	2305	0,624	3,002
HZ 880M C	366,5	444,9	396,9	229,9	283,9	384,5	301,8	477210	67070	721,3	91940	10725	12025	2365	0,624	3,002
HZ 1080M A	475,6	571,8	509,9	226,9	280,9	409,8	321,7	793650	61620	674,8	139800	13880	15565	2195	0,617	3,455
HZ 1080M B	481,5	571,9	512,9	226,9	280,9	432,8	339,8	858610	64460	808,1	149600	15015	16740	2295	0,618	3,455
HZ 1080M C	488,5	570,9	516,8	227,9	281,9	474,8	372,8	937820	67290	1025,8	158800	16430	18145	2385	0,619	3,456
HZ 1080M D	495,3	572,1	519,6	228,4	282,4	508,8	399,4	1014760	69370	1279,6	166400	17735	19530	2455	0,620	3,457
HZ 1180M A	501,2	574,2	521,5	228,9	282,9	536,0	420,8	1072760	70460	1522,7	170900	18685	20570	2490	0,621	3,458
HZ 1180M B	505,3	574,1	523,6	228,9	282,9	553,2	434,3	1123200	73180	1717,8	180500	19565	21450	2585	0,622	3,462
HZ 1180M C	505,4	578,0	524,7	229,4	283,4	586,8	460,7	1197860	78970	2068,6	195500	20725	22830	2785	0,635	3,471
HZ 1180M D	511,2	576,2	528,5	229,9	283,9	613,7	481,7	1256780	81670	2358,7	205900	21815	23780	2875	0,641	3,476

Form 14



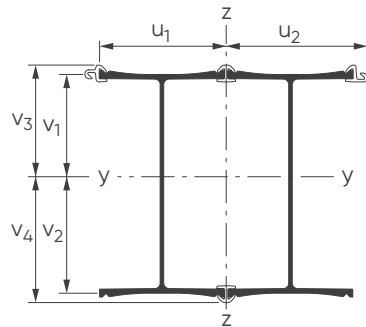
Querschnitt	Abmessungen						Eigenschaften der Form										
	v_1	v_2	v_3	v_4	u_1	u_2	A	G	I_y	I_z	I_t	I_w	W_{ely}^*	W_{ely}^{**}	$W_{el,z}$	A_{LW}	A_{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	307,5	308,3	335,7	336,6	209,9	263,9	386,5	303,4	288850	71250	865,8	62460	9370	8580	2700	0,582	2,808
HZ 880M A	401,1	402,3	435,4	436,8	228,9	282,9	374,8	294,2	484020	83820	656,6	129300	12030	11080	2965	0,621	3,236
HZ 880M B	403,1	404,3	435,5	436,8	229,9	283,9	406,8	319,4	518990	86730	766,1	134700	12835	11885	3055	0,624	3,239
HZ 880M C	405,1	406,3	435,5	436,7	229,9	283,9	421,3	330,7	543000	88310	847,1	138100	13365	12435	3110	0,624	3,239
HZ 1080M A	522,9	524,5	557,2	558,9	226,9	280,9	446,9	350,9	905800	82470	800,8	217700	17270	16205	2935	0,617	3,690
HZ 1080M B	526,0	527,4	557,3	558,9	226,9	280,9	469,6	368,6	969050	85170	930,9	226600	18375	17340	3030	0,618	3,691
HZ 1080M C	529,0	530,4	557,3	558,8	227,9	281,9	511,6	401,6	1047480	88170	1150,2	236400	19750	18745	3130	0,619	3,693
HZ 1080M D	533,1	534,3	557,4	558,8	228,4	282,4	545,6	428,3	1123870	90340	1402,1	244500	21035	20115	3200	0,620	3,693
HZ 1180M A	537,1	538,3	557,4	558,1	228,9	282,9	572,8	449,6	1181400	91500	1649,4	249500	21945	21170	3235	0,621	3,694
HZ 1180M B	539,1	540,3	557,4	558,7	228,9	282,8	588,8	462,2	1227870	93730	1832,0	257000	22725	21975	3315	0,622	3,696
HZ 1180M C	545,9	537,5	565,2	556,8	229,4	283,4	632,7	496,7	1331210	105640	2278,2	292200	24385	23550	3730	0,635	3,730
HZ 1180M D	547,8	539,6	565,1	556,9	229,9	283,9	657,1	515,8	1381830	107440	2534,5	298500	25225	24455	3785	0,641	3,736

Form 22



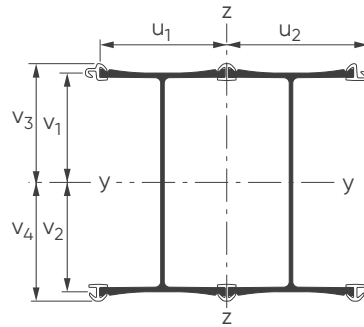
Querschnitt	Abmessungen					Eigenschaften der Form										
	v ₁	v ₂	v ₃	v ₄	u ₁	A	G	I _y	I _z	I _t	I _ω	W _{ely} [*]	W _{ely} ^{**}	W _{el,z}	A _{LW}	A _{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	307,9	307,9	336,2	336,2	427,0	650,4	510,6	465570	351040	238756	70260	15125	13850	8220	0,925	2,934
HZ 880M A	401,7	401,7	436,2	436,2	465,0	627,1	492,3	769720	401560	330960	181100	19160	17650	8635	1,001	3,490
HZ 880M B	403,7	403,7	436,2	436,2	467,0	691,2	542,6	839650	445350	378656	185300	20800	19250	9535	1,007	3,497
HZ 880M C	405,7	405,7	436,2	436,2	467,0	720,1	565,3	887690	464770	387367	208900	21880	20355	9950	1,007	3,496
HZ 1080M A	523,7	523,7	558,1	558,1	461,0	771,4	605,6	1474960	473900	538547	371600	28165	26425	10280	0,993	3,941
HZ 1080M B	526,7	526,7	558,1	558,1	461,0	816,8	641,2	1601480	504130	555020	440200	30405	28695	10935	0,995	3,943
HZ 1080M C	529,7	529,7	558,1	558,1	463,0	900,8	707,1	1758320	559410	625885	468900	33195	31505	12080	0,998	3,946
HZ 1080M D	533,7	533,7	558,1	558,1	464,0	968,8	760,5	1911110	603080	670072	517400	35810	34240	12995	0,999	3,947
HZ 1180M A	537,7	537,7	558,1	558,1	465,0	1023,1	803,2	2026180	637490	709427	540700	37680	36305	13710	1,001	3,949
HZ 1180M B	539,7	539,7	558,1	558,1	465,0	1055,2	828,3	2119120	659790	696179	592500	39265	37970	14190	1,006	3,962
HZ 1180M C	541,7	541,7	561,0	561,0	467,0	1123,7	882,1	2274730	707070	745410	653200	41990	40550	15140	1,011	3,975
HZ 1180M D	543,7	543,7	561,0	561,0	468,0	1172,5	920,4	2375960	740430	781985	672700	43700	42350	15820	1,022	3,983

Form 24



Querschnitt	Abmessungen						Eigenschaften der Form										
	v ₁	v ₂	v ₃	v ₄	u ₁	u ₂	A	G	I _y	I _z	I _t	I _ω	W _{ely} [*]	W _{ely} ^{**}	W _{el,z}	A _{LW}	A _{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	290,0	325,8	318,3	354,1	426,9	480,9	691,5	542,9	500770	430330	253317	95210	15370	14140	8950	1,067	3,031
HZ 880M A	377,0	426,4	411,5	460,8	464,8	518,9	668,2	524,5	831930	495150	331071	240600	19510	18055	9540	1,144	3,542
HZ 880M B	381,2	426,2	413,6	458,7	466,9	520,9	732,3	574,8	902220	539720	378374	244700	21170	19670	10360	1,150	3,548
HZ 880M C	384,0	427,4	414,5	457,8	466,9	520,9	761,2	597,6	950390	559140	392241	271700	22240	20760	10735	1,150	3,548
HZ 1080M A	497,2	550,2	531,7	584,6	460,9	514,9	812,5	637,8	1581890	565930	539125	483600	28755	27060	10990	1,136	3,992
HZ 1080M B	501,6	551,8	533,1	583,2	460,9	514,9	857,9	673,4	1708720	596160	555194	560800	30970	29300	11580	1,138	3,995
HZ 1080M C	506,9	552,5	535,3	581,0	462,9	516,9	941,9	739,4	1866030	652220	625944	591700	33770	32120	12620	1,141	3,998
HZ 1080M D	512,4	555,0	536,8	579,4	463,9	517,9	1009,9	792,8	2019150	696280	670640	644900	36380	34850	13445	1,142	3,999
HZ 1180M A	517,5	557,9	537,9	578,3	464,9	518,9	1064,2	835,4	2134450	731080	717576	670400	38260	36905	14090	1,144	4,001
HZ 1180M B	520,1	559,3	538,5	577,7	464,9	518,9	1096,3	860,6	2227520	753380	719378	726200	39825	38555	14520	1,147	4,009
HZ 1180M C	521,3	562,1	540,6	581,4	466,9	520,9	1169,3	917,9	2394300	810730	745545	805400	42600	41185	15565	1,164	4,022
HZ 1180M D	524,2	563,2	541,5	580,5	467,9	521,9	1218,1	956,2	2495730	844530	783948	828700	44310	42990	16180	1,176	4,032

Form 26



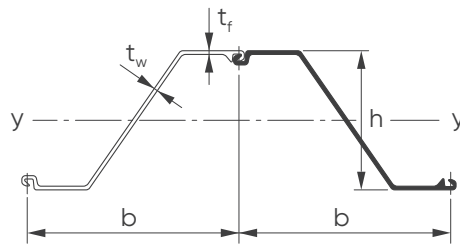
Querschnitt	Abmessungen						Eigenschaften der Form										
	v_1	v_2	v_3	v_4	u_1	u_2	A	G	I_y	I_z	I_t	I_w	W_{ely}^*	W_{ely}^{**}	$W_{el,z}$	A_{LW}	A_{LS}
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	10 ³ cm ⁶	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
HZ 630M	307,6	308,1	336,0	336,4	426,9	480,9	731,8	574,5	540 280	506 260	253 467	129 710	17 535	16 060	10 530	1,067	3,292
HZ 880M A	401,4	402,0	435,8	436,5	464,9	518,9	708,5	556,1	901 760	584 930	331 236	324 481	22 430	20 660	11 275	1,144	3,759
HZ 880M B	403,4	404,0	435,8	436,5	466,9	520,9	772,5	606,4	971 700	630 270	378 596	325 708	24 050	22 265	12 100	1,150	3,766
HZ 880M C	405,4	406,0	435,9	436,5	466,9	520,9	801,5	629,2	1 019 730	649 680	392 302	356 525	25 115	23 365	12 475	1,150	3,765
HZ 1080M A	523,3	524,1	557,7	558,5	460,9	514,9	852,8	669,4	1 698 970	654 200	545 166	633 900	32 415	30 420	12 705	1,136	4,209
HZ 1080M B	526,3	527,1	557,7	558,5	460,9	514,9	898,1	705,0	1 825 490	684 420	555 301	719 800	34 635	32 685	13 295	1,138	4,212
HZ 1080M C	529,4	530,1	557,8	558,5	462,9	516,9	982,1	771,0	1 982 330	741 240	626 147	749 200	37 400	35 495	14 340	1,141	4,215
HZ 1080M D	533,4	534,0	557,8	558,5	463,9	517,9	1 050,1	824,4	2 135 120	785 680	670 660	805 600	39 980	38 235	15 170	1,142	4,216
HZ 1180M A	537,4	538,0	557,8	558,4	464,9	518,9	1 104,5	867,0	2 250 190	820 860	716 260	830 900	41 825	40 295	15 820	1,144	4,217
HZ 1180M B	539,4	540,0	557,8	558,4	464,9	518,8	1 136,5	892,2	2 343 130	843 160	719 557	891 800	43 390	41 960	16 250	1,147	4,221
HZ 1180M C	543,9	539,5	563,2	558,8	466,9	520,9	1 219,8	957,5	2 538 170	924 710	746 792	1 022 600	46 665	45 070	17 755	1,164	4,259
HZ 1180M D	545,8	541,6	563,1	558,9	467,9	521,9	1 268,6	995,9	2 639 410	959 080	783 756	1 042 400	48 360	46 875	18 380	1,176	4,271

Hinweis: Alternative Lösungen sind auf Anfrage erhältlich.

Kombinierte Spundwand, Kombination 24



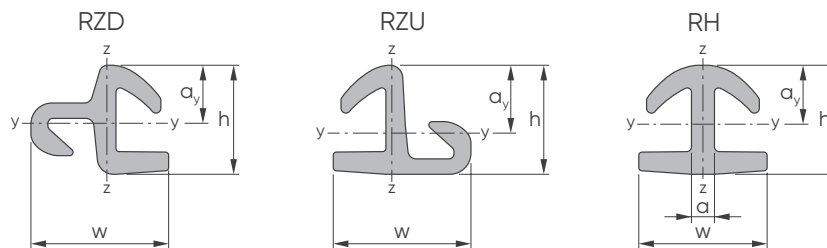
AZ® - Zwischenbohlen



Querschnitt

	Abmessungen				Eigenschaften pro Doppelbohle					
	h	b	t _f	t _w	A	G	I _y	W _{el,y}	i _y	A _{LW}
	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	m ² /m
AZ 20-800	450	800	9,5	9,5	225,6	177,1	72 070	3 205	17,87	2,08
AZ 20-800-10/10	451	800	10,0	10,0	235,6	184,9	75 070	3 335	17,85	2,08
AZ 25-800	475	800	12,5	10,0	261,3	205,1	95 060	4 005	19,07	2,11
AZ 13-770	344	770	9,0	9,0	193,8	152,1	34 440	2 000	13,33	1,85
AZ 14-770-10/10	345	770	10,0	10,0	211,2	165,8	37 330	2 165	13,30	1,85
AZ 28-750	509	750	12,0	10,0	256,8	201,6	107 310	4 215	20,44	2,11
AZ 30-750	510	750	13,0	11,0	277,1	217,5	115 000	4 510	20,37	2,11
AZ 32-750	511	750	14,0	12,0	297,4	233,5	122 710	4 805	20,31	2,11
AZ 13-700	315	700	9,5	9,5	188,5	148,0	28 750	1 825	12,35	1,71
AZ 13-700-10/10	316	700	10,0	10,0	196,6	154,3	29 910	1 895	12,33	1,71
AZ 18-700	420	700	9,0	9,0	194,9	153,0	52 920	2 520	16,47	1,86
AZ 20-700	421	700	10,0	10,0	212,8	167,0	57 340	2 725	16,42	1,86
AZ 26-700	460	700	12,2	12,2	262,1	205,7	83 610	3 635	17,86	1,93
AZ 18-10/10	381	630	10,0	10,0	198,1	155,5	44 790	2 355	15,04	1,71
AZ 26	427	630	13,0	12,2	249,2	195,6	69 940	3 280	16,75	1,78

Schlossprofile



Querschnitt

	Abmessungen				Eigenschaften							
	h	w	a	a _y	A	G	I _y	I _z	W _{el,y}	W _{el,z}	A _{LW}	A _{LS}
	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	m ² /m	m ² /m
RZD 16	61,8	80,5	-	31,5	20,7	16,2	57	94	18	22	0,12	0,06
RZU 16	61,8	80,5	-	38,3	20,4	16,0	68	94	18	22	0,08	0,10
RH 16	61,8	68,2	12,2	32,5	20,1	15,8	83	54	25	16	0,10	0,09
RZD 18	67,3	85,0	-	35,9	23,0	18,0	78	110	22	25	0,12	0,07
RZU 18	67,3	85,0	-	42,1	22,6	17,8	92	110	22	25	0,09	0,10
RH 20	67,3	79,2	14,2	36,5	25,2	19,8	122	88	33	22	0,11	0,10

Hinweis: Geeignete Kombinationen von Schlossprofilen und HZ®-M Tragbohlen finden Sie auf Seite 4.

Toleranzen

Norm EN 10248-2:2024

	HZ®-M	AZ®
Gewicht ¹⁾	± 5 %	± 5 %
Länge (L)	± 200 mm	± 200 mm
Dicke (t _r , t _w) ²⁾	t _r , t _w > 12,5 mm: + 2,5 mm / - 1,5 mm	t _r , t _w ≤ 8,5 mm: ± 0,5 mm t _r , t _w > 8,5 mm: ± 6 %
Höhe (h)	h > 500 mm: ± 7 mm	h ≥ 300 mm: ± 7 mm
Breite Einzelbohle (w)	± 2 % w	± 2 % w
Breite Doppelbohle (w)	-	± 3 % w
Geradheit (S)	0,2 % L	0,2 % L
Rechtwinkligkeit der Profilen (p)	Einzelbohle: 4 % h Einzelbohle: 2 % w	Einzelbohle: 2 % w Doppelbohle: 1 % w
Versatz am Profilkopf bei Doppelspundbohlen (q)	20 mm	20 mm

¹⁾ Einer Spundbohle ²⁾ Positive Toleranzen für AZ, definiert von ArcelorMittal gemäß Option 2, Klausel 13 der EN 10248-2:2024.

Maximale Herstelllänge ³⁾

HZ-M	33 m
AZ	31 m
RZD / RZU / RH	24 m

³⁾ Längere Profile können nach Anfrage geliefert werden. Bitte kontaktieren Sie uns.

Querschnitt	EN 10248-1:2023								ASTM	
	S 240 GP	S 270 GP	S 320 GP	S 355 GP	S 390 GP	S 430 GP	S 460 GP	S 500 GP	A 572	A 690
HZ-M	✓ ⁴⁾	✓	✓	✓	✓	✓	✓	❖	✓	✓
AZ	✓ ⁴⁾	✓	✓	✓	✓	✓	✓	❖	✓	✓ ⁴⁾
RH / RZD / RZU	✗	✗	✗	✗	✗	❖	✓	❖	✗	✓

⁴⁾ Bitte kontaktieren Sie uns, da gegebenenfalls Einschränkungen bestehen können.

- ✓ ohne Einschränkung lieferbar
- ❖ auf Anfrage
- ✗ derzeit nicht lieferbar

Stahlsorten

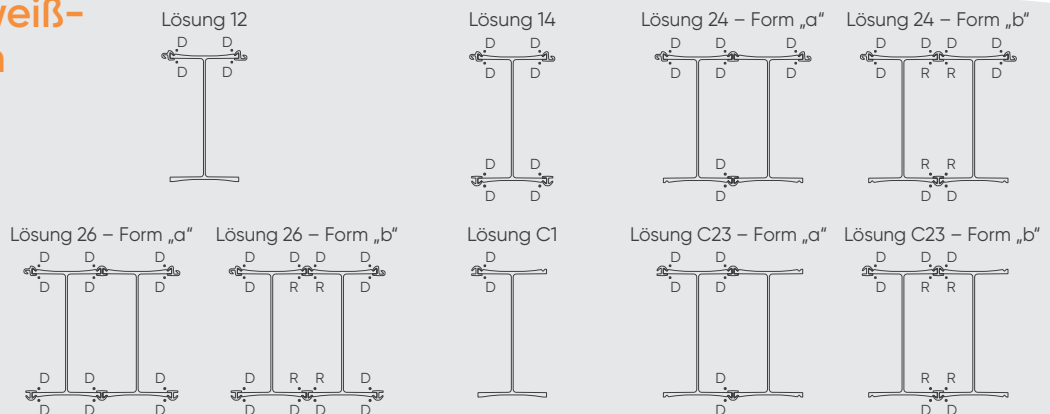
Stahlsorten
EN 10248-1:2023

	Min. Streckgrenze	Min. Zugfestigkeit	Min. Bruchdehnung	Mindestkerbschlagenergie KV ₂	
	R _{eH}	R _m	L ₀ = 5,65 √s ₀	Prüftemperatur	Joule
	MPa	MPa	%	°C	J
S 240 GP	240	340	26	20	27
S 270 GP	270	410	24	20	27
S 320 GP	320	440	23	20	27
S 355 GP	355	480	22	0	27
S 390 GP	390	490	20	0	27
S 430 GP	430	510	19	0	27
S 460 GP	460	530	17	0	27
S 500 GP	500	580	15	0	27

Kontaktieren Sie uns für Anfragen zur Stahlsorte S 500 GP.

Alle Komponenten des HZ-M Spundwandsystems sind in der Stahlsorte **ASTM A 690** lieferbar. **ASTM A 690** mit höherer Streckgrenze auf Anfrage erhältlich.

Standard-Schweißkonfigurationen



D unterbrochene Schweißnaht, a = 100 mm: 10 % der Länge (100 mm/m) über die gesamte Länge des Schlossprofils und 500 mm durchgehende Schweißnaht an Kopf und Fuß des Schlossprofils

R durchgehende Schweißnaht, a = 500 mm: 500 mm an Kopf und Fuß des Schlossprofils

In der **Form „a“** können die HZ-M Tragbohlen bei Bedarf auch einzeln einrammt werden (z. B. unter schwierigen Rammbedingungen).

Form „b“ entspricht der **Standard-Lieferform**: die HZ-M Tragbohlen sind miteinander verschweißt und können nur als einteiliges Pfahlprofil eingerammt werden. Bei voraussichtlich schwierigen Rammbedingungen sollten die unterbrochenen Schweißnähte „D“ verlängert ausgeführt werden. Für genauere Auskünfte hierzu wenden Sie sich bitte an unsere technische Abteilung.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} [*]	W _{ely} ^{**}	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 20-800										
HZ 630M	275,2	154 710	4 550	5 090	176	196	216	2,661	4,606	2,090
HZ 880M A	264,7	229 730	5 145	5 875	168	188	208	2,700	5,080	2,127
HZ 880M B	279,6	246 490	5 545	6 235	180	200	220	2,703	5,082	2,127
HZ 880M C	286,4	257 880	5 795	6 500	186	205	225	2,703	5,081	2,127
HZ 1080M A	299,2	407 590	7 130	7 995	195	215	235	2,696	5,534	2,127
HZ 1080M B	310,0	438 170	7 660	8 545	204	224	243	2,697	5,534	2,127
HZ 1080M C	329,5	475 020	8 320	9 190	219	239	259	2,699	5,536	2,127
HZ 1080M D	345,3	510 970	8 930	9 835	232	251	271	2,699	5,536	2,127
HZ 1180M A	357,9	537 990	9 370	10 315	242	261	281	2,700	5,537	2,127
HZ 1180M B	366,0	561 690	9 785	10 725	248	268	287	2,702	5,541	2,127
HZ 1180M C	381,6	596 490	10 320	11 370	260	280	300	2,714	5,550	2,127
HZ 1180M D	394,0	623 870	10 830	11 805	269	289	309	2,720	5,555	2,127
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 20-800										
HZ 630M	292,8	172 690	5 600	5 130	184	207	230	2,661	4,887	2,090
HZ 880M A	282,1	261 320	6 495	5 985	176	199	221	2,700	5,315	2,127
HZ 880M B	296,9	277 490	6 865	6 355	188	210	233	2,703	5,318	2,127
HZ 880M C	303,7	288 770	7 110	6 610	193	216	238	2,703	5,318	2,127
HZ 1080M A	316,6	460 390	8 780	8 240	203	226	249	2,696	5,769	2,127
HZ 1080M B	327,3	490 170	9 295	8 770	212	234	257	2,697	5,771	2,127
HZ 1080M C	346,8	526 600	9 930	9 425	227	250	272	2,699	5,772	2,127
HZ 1080M D	362,6	562 270	10 525	10 065	239	262	285	2,699	5,773	2,127
HZ 1180M A	375,2	589 040	10 945	10 555	249	272	295	2,700	5,773	2,127
HZ 1180M B	382,7	610 870	11 305	10 935	255	278	300	2,702	5,775	2,127
HZ 1180M C	403,1	659 130	12 075	11 660	269	293	316	2,714	5,809	2,127
HZ 1180M D	414,4	682 580	12 460	12 080	278	302	325	2,720	5,815	2,127
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 20-800										
HZ 630M	363,4	226 960	6 965	6 410	252	269	285	3,146	5,111	2,524
HZ 880M A	343,8	347 690	8 155	7 545	238	254	270	3,224	5,621	2,598
HZ 880M B	367,8	374 150	8 780	8 155	257	273	289	3,230	5,628	2,598
HZ 880M C	379,0	392 650	9 190	8 575	265	281	297	3,229	5,627	2,598
HZ 1080M A	400,5	638 100	11 600	10 915	282	298	314	3,215	6,072	2,598
HZ 1080M B	418,0	687 030	12 450	11 780	296	312	328	3,218	6,074	2,598
HZ 1080M C	449,7	746 570	13 510	12 850	321	337	353	3,221	6,077	2,598
HZ 1080M D	475,6	804 940	14 505	13 890	341	357	373	3,222	6,078	2,598
HZ 1180M A	496,1	848 660	15 210	14 675	357	373	389	3,223	6,080	2,598
HZ 1180M B	508,4	884 460	15 815	15 310	367	383	399	3,227	6,089	2,598
HZ 1180M C	535,7	947 150	16 850	16 290	388	404	421	3,243	6,102	2,598
HZ 1180M D	554,0	985 340	17 495	16 975	402	419	435	3,256	6,111	2,598
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 20-800										
HZ 630M	379,3	242 610	7 875	7 210	260	279	298	3,146	5,372	2,524
HZ 880M A	359,3	374 550	9 315	8 580	245	263	282	3,224	5,839	2,598
HZ 880M B	383,3	400 830	9 920	9 185	264	282	301	3,230	5,845	2,598
HZ 880M C	394,4	419 280	10 325	9 605	273	291	310	3,229	5,844	2,598
HZ 1080M A	416,0	683 270	13 035	12 235	289	308	327	3,215	6,289	2,598
HZ 1080M B	433,5	732 080	13 890	13 110	303	322	340	3,218	6,291	2,598
HZ 1080M C	465,2	791 370	14 930	14 170	328	347	365	3,221	6,294	2,598
HZ 1080M D	491,0	849 570	15 910	15 215	348	367	385	3,222	6,295	2,598
HZ 1180M A	511,6	893 180	16 600	15 995	365	383	402	3,223	6,297	2,598
HZ 1180M B	523,9	928 920	17 200	16 635	374	393	411	3,227	6,300	2,598
HZ 1180M C	555,1	1 002 400	18 430	17 800	397	416	436	3,243	6,338	2,598
HZ 1180M D	573,4	1 040 470	19 065	18 480	411	431	450	3,256	6,350	2,598

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} *	W _{ely} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 25-800										
HZ 630M	292,3	165 710	4 870	5 455	184	207	229	2,696	4,641	2,090
HZ 880M A	281,5	240 530	5 385	6 150	176	199	221	2,735	5,114	2,127
HZ 880M B	296,4	257 290	5 790	6 510	188	210	233	2,738	5,116	2,127
HZ 880M C	303,2	268 670	6 040	6 770	193	216	238	2,737	5,116	2,127
HZ 1080M A	316,0	418 410	7 315	8 205	203	226	248	2,730	5,569	2,127
HZ 1080M B	326,8	449 000	7 850	8 755	212	234	257	2,732	5,569	2,127
HZ 1080M C	346,3	485 830	8 510	9 400	227	249	272	2,733	5,570	2,127
HZ 1080M D	362,1	521 780	9 120	10 045	240	262	284	2,734	5,571	2,127
HZ 1180M A	374,7	548 790	9 560	10 525	250	272	294	2,734	5,572	2,127
HZ 1180M B	382,8	572 490	9 970	10 935	256	278	300	2,736	5,576	2,127
HZ 1180M C	398,4	607 290	10 505	11 575	267	290	313	2,749	5,584	2,127
HZ 1180M D	410,8	634 670	11 015	12 010	277	300	322	2,755	5,589	2,127
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 25-800										
HZ 630M	3099	183 690	5 960	5 455	192	218	243	2,696	4,922	2,090
HZ 880M A	298,9	272 120	6 765	6 230	184	209	235	2,735	5,350	2,127
HZ 880M B	313,7	288 290	7 130	6 600	196	221	246	2,738	5,353	2,127
HZ 880M C	320,5	299 560	7 375	6 860	201	226	252	2,737	5,352	2,127
HZ 1080M A	333,4	471 210	8 985	8 430	211	236	262	2,730	5,804	2,127
HZ 1080M B	344,1	501 000	9 500	8 965	219	245	270	2,732	5,805	2,127
HZ 1080M C	363,6	537 410	10 135	9 615	235	260	285	2,733	5,807	2,127
HZ 1080M D	379,4	573 070	10 725	10 255	247	273	298	2,734	5,807	2,127
HZ 1180M A	392,0	599 840	11 145	10 750	257	282	308	2,734	5,808	2,127
HZ 1180M B	399,5	621 680	11 505	11 125	263	288	314	2,736	5,810	2,127
HZ 1180M C	419,9	669 920	12 270	11 850	277	303	330	2,749	5,843	2,127
HZ 1180M D	431,2	693 380	12 660	12 270	286	312	338	2,755	5,850	2,127
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 25-800										
HZ 630M	377,5	236 070	7 245	6 665	259	278	296	3,180	5,145	2,524
HZ 880M A	357,5	356 530	8 360	7 735	244	262	281	3,258	5,656	2,598
HZ 880M B	381,6	382 980	8 985	8 350	263	281	300	3,264	5,662	2,598
HZ 880M C	392,7	401 480	9 395	8 770	272	290	308	3,264	5,662	2,598
HZ 1080M A	414,3	646 970	11 760	11 065	289	307	325	3,250	6,106	2,598
HZ 1080M B	431,8	695 900	12 610	11 935	302	321	339	3,252	6,109	2,598
HZ 1080M C	463,5	755 430	13 670	13 005	327	346	364	3,255	6,112	2,598
HZ 1080M D	489,3	813 780	14 665	14 045	348	366	384	3,256	6,113	2,598
HZ 1180M A	509,8	857 500	15 370	14 825	364	382	400	3,258	6,114	2,598
HZ 1180M B	522,1	893 300	15 970	15 460	373	392	410	3,261	6,123	2,598
HZ 1180M C	549,4	955 970	17 010	16 445	394	413	431	3,278	6,136	2,598
HZ 1180M D	567,7	994 160	17 650	17 125	409	427	446	3,290	6,146	2,598
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 25-800										
HZ 630M	393,5	251 720	8 170	7 485	266	288	309	3,180	5,406	2,524
HZ 880M A	373,0	383 390	9 535	8 785	251	272	293	3,258	5,873	2,598
HZ 880M B	397,0	409 660	10 140	9 385	270	291	312	3,264	5,879	2,598
HZ 880M C	408,1	428 110	10 545	9 810	279	300	320	3,264	5,879	2,598
HZ 1080M A	429,8	692 140	13 205	12 390	296	317	337	3,250	6,323	2,598
HZ 1080M B	447,3	740 950	14 060	13 265	310	330	351	3,252	6,326	2,598
HZ 1080M C	479,0	800 230	15 095	14 330	335	355	376	3,255	6,329	2,598
HZ 1080M D	504,8	858 420	16 075	15 370	355	376	396	3,256	6,330	2,598
HZ 1180M A	525,3	902 020	16 765	16 155	371	392	412	3,258	6,331	2,598
HZ 1180M B	537,6	937 760	17 365	16 795	381	401	422	3,261	6,335	2,598
HZ 1180M C	568,8	1 011 230	18 595	17 955	403	425	446	3,278	6,372	2,598
HZ 1180M D	587,1	1 049 300	19 225	18 635	418	439	461	3,290	6,385	2,598

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾						Pro System			
	A	I _y	W _{ely} [*]	W _{ely} ^{**}	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 13-770										
HZ 630M	267,7	140 740	4 135	4 635	174	192	210	2,427	4,372	2,030
HZ 880M A	257,0	218 200	4 885	5 580	166	184	202	2,466	4,846	2,067
HZ 880M B	272,4	235 460	5 300	5 955	178	196	214	2,469	4,847	2,067
HZ 880M C	279,4	247 170	5 555	6 230	184	201	219	2,469	4,847	2,067
HZ 1080M A	292,4	401 210	7 015	7 870	194	212	230	2,462	5,300	2,067
HZ 1080M B	303,6	432 680	7 565	8 435	203	220	238	2,463	5,300	2,067
HZ 1080M C	323,6	470 600	8 245	9 105	218	236	254	2,464	5,301	2,067
HZ 1080M D	339,9	507 590	8 870	9 770	231	249	267	2,465	5,302	2,067
HZ 1180M A	352,9	535 400	9 325	10 265	241	259	277	2,466	5,303	2,067
HZ 1180M B	361,2	559 790	9 750	10 690	248	266	284	2,467	5,307	2,067
HZ 1180M C	377,3	595 600	10 305	11 350	260	278	296	2,480	5,316	2,067
HZ 1180M D	390,1	623 780	10 825	11 800	270	288	306	2,486	5,321	2,067
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 13-770										
HZ 630M	285,8	159 260	5 165	4 730	182	203	224	2,427	4,653	2,030
HZ 880M A	274,9	250 710	6 230	5 740	174	195	216	2,466	5,081	2,067
HZ 880M B	290,2	267 360	6 615	6 120	186	207	228	2,469	5,084	2,067
HZ 880M C	297,1	278 960	6 865	6 385	192	212	233	2,469	5,084	2,067
HZ 1080M A	310,4	455 540	8 685	8 150	202	223	244	2,462	5,535	2,067
HZ 1080M B	321,4	486 190	9 220	8 700	210	231	252	2,463	5,536	2,067
HZ 1080M C	341,4	523 680	9 875	9 370	226	247	268	2,464	5,538	2,067
HZ 1080M D	357,7	560 380	10 490	10 030	239	260	281	2,465	5,538	2,067
HZ 1180M A	370,7	587 930	10 920	10 535	249	270	291	2,466	5,539	2,067
HZ 1180M B	378,4	610 400	11 300	10 925	255	276	297	2,467	5,541	2,067
HZ 1180M C	399,5	660 050	12 090	11 680	270	292	314	2,480	5,575	2,067
HZ 1180M D	411,1	684 190	12 490	12 110	279	301	323	2,486	5,581	2,067
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 13-770										
HZ 630M	359,3	217 210	6 665	6 135	252	267	282	2,912	4,876	2,464
HZ 880M A	339,4	341 090	8 000	7 400	237	252	266	2,989	5,387	2,538
HZ 880M B	364,0	368 180	8 640	8 025	257	271	286	2,995	5,393	2,538
HZ 880M C	375,4	387 120	9 060	8 455	266	280	295	2,995	5,393	2,538
HZ 1080M A	397,4	638 360	11 605	10 920	283	297	312	2,981	5,837	2,538
HZ 1080M B	415,4	688 450	12 475	11 805	297	311	326	2,983	5,840	2,538
HZ 1080M C	447,8	749 400	13 565	12 900	322	337	352	2,986	5,843	2,538
HZ 1080M D	474,3	809 140	14 580	13 965	343	358	372	2,987	5,844	2,538
HZ 1180M A	495,3	853 890	15 305	14 765	360	374	389	2,989	5,846	2,538
HZ 1180M B	507,9	890 540	15 920	15 415	370	384	399	2,992	5,854	2,538
HZ 1180M C	535,8	954 690	16 985	16 420	391	406	421	3,009	5,867	2,538
HZ 1180M D	554,6	993 780	17 645	17 120	406	421	435	3,021	5,877	2,538
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 13-770										
HZ 630M	375,6	233 250	7 570	6 935	260	277	295	2,912	5,138	2,464
HZ 880M A	355,2	368 580	9 170	8 445	245	262	279	2,989	5,604	2,538
HZ 880M B	379,8	395 490	9 790	9 060	264	281	298	2,995	5,611	2,538
HZ 880M C	391,2	414 380	10 205	9 495	273	290	307	2,995	5,610	2,538
HZ 1080M A	413,3	684 600	13 060	12 255	290	307	324	2,981	6,054	2,538
HZ 1080M B	431,2	734 570	13 935	13 150	304	321	339	2,983	6,057	2,538
HZ 1080M C	463,7	795 260	15 005	14 240	330	347	364	2,986	6,060	2,538
HZ 1080M D	490,1	854 830	16 005	15 305	351	368	385	2,987	6,061	2,538
HZ 1180M A	511,1	899 460	16 720	16 105	367	384	401	2,989	6,062	2,538
HZ 1180M B	523,7	936 050	17 335	16 760	377	394	411	2,992	6,066	2,538
HZ 1180M C	555,6	1 011 250	18 595	17 955	400	418	436	3,009	6,104	2,538
HZ 1180M D	574,4	1 050 210	19 240	18 650	415	433	451	3,021	6,116	2,538

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} [*]	W _{ely} ^{**}	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 28-750										
HZ 630M	304,8	180 190	5 295	5 930	192	216	239	2,693	4,638	1,990
HZ 880M A	293,2	258 430	5 785	6 610	184	207	230	2,732	5,112	2,027
HZ 880M B	308,8	276 000	6 210	6 980	196	219	242	2,735	5,114	2,027
HZ 880M C	315,9	287 940	6 470	7 255	202	225	248	2,735	5,113	2,027
HZ 1080M A	329,4	445 140	7 785	8 730	212	235	259	2,728	5,566	2,027
HZ 1080M B	340,7	477 230	8 345	9 305	221	244	267	2,729	5,566	2,027
HZ 1080M C	361,1	515 860	9 035	9 980	237	260	283	2,730	5,567	2,027
HZ 1080M D	377,7	553 560	9 675	10 655	250	273	297	2,731	5,568	2,027
HZ 1180M A	390,9	581 890	10 135	11 155	261	284	307	2,732	5,569	2,027
HZ 1180M B	399,4	606 760	10 570	11 590	267	290	314	2,733	5,573	2,027
HZ 1180M C	415,8	643 260	11 130	12 260	280	303	326	2,746	5,582	2,027
HZ 1180M D	428,8	671 960	11 665	12 715	290	313	337	2,752	5,587	2,027
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 28-750										
HZ 630M	323,2	199 080	6 460	5 915	200	227	254	2,693	4,919	1,990
HZ 880M A	311,4	291 580	7 245	6 675	192	218	244	2,732	5,347	2,027
HZ 880M B	326,9	308 520	7 630	7 065	204	230	257	2,735	5,350	2,027
HZ 880M C	334,0	320 350	7 885	7 335	210	236	262	2,735	5,350	2,027
HZ 1080M A	347,7	500 550	9 545	8 955	220	247	273	2,728	5,801	2,027
HZ 1080M B	358,9	531 800	10 085	9 515	229	256	282	2,729	5,802	2,027
HZ 1080M C	379,3	569 980	10 745	10 200	245	272	298	2,730	5,804	2,027
HZ 1080M D	395,9	607 390	11 365	10 870	258	285	311	2,731	5,804	2,027
HZ 1180M A	409,1	635 460	11 805	11 385	269	295	321	2,732	5,805	2,027
HZ 1180M B	417,0	658 370	12 185	11 785	275	301	327	2,733	5,807	2,027
HZ 1180M C	438,4	708 980	12 985	12 545	290	317	344	2,746	5,841	2,027
HZ 1180M D	450,2	733 570	13 390	12 980	299	326	353	2,752	5,847	2,027
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 28-750										
HZ 630M	391,2	250 860	7 700	7 085	269	288	307	3,178	5,142	2,424
HZ 880M A	370,0	375 690	8 810	8 155	253	272	290	3,255	5,653	2,498
HZ 880M B	395,0	403 170	9 460	8 790	273	291	310	3,262	5,659	2,498
HZ 880M C	406,6	422 410	9 885	9 225	282	300	319	3,261	5,659	2,498
HZ 1080M A	429,1	677 850	12 320	11 595	299	318	337	3,247	6,103	2,498
HZ 1080M B	447,3	728 740	13 205	12 495	314	332	351	3,249	6,106	2,498
HZ 1080M C	480,2	790 600	14 310	13 610	340	358	377	3,252	6,109	2,498
HZ 1080M D	507,1	851 270	15 340	14 690	361	379	398	3,253	6,110	2,498
HZ 1180M A	528,4	896 710	16 075	15 505	377	396	415	3,255	6,112	2,498
HZ 1180M B	541,2	933 930	16 700	16 165	387	406	425	3,258	6,121	2,498
HZ 1180M C	569,5	999 040	17 775	17 185	409	428	447	3,275	6,134	2,498
HZ 1180M D	588,6	1 038 720	18 440	17 895	424	443	462	3,287	6,143	2,498
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 28-750										
HZ 630M	407,8	267 160	8 670	7 940	276	298	320	3,178	5,404	2,424
HZ 880M A	386,1	403 630	10 040	9 245	261	282	303	3,255	5,870	2,498
HZ 880M B	411,1	430 910	10 665	9 875	280	301	323	3,262	5,877	2,498
HZ 880M C	422,6	450 100	11 085	10 310	289	311	332	3,261	5,876	2,498
HZ 1080M A	445,3	724 830	13 830	12 980	307	328	350	3,247	6,321	2,498
HZ 1080M B	463,5	775 600	14 715	13 885	321	343	364	3,249	6,323	2,498
HZ 1080M C	496,4	837 200	15 795	14 990	347	368	390	3,252	6,326	2,498
HZ 1080M D	523,2	897 690	16 810	16 075	368	389	411	3,253	6,327	2,498
HZ 1180M A	544,5	943 000	17 530	16 885	385	406	427	3,255	6,329	2,498
HZ 1180M B	557,3	980 180	18 150	17 555	395	416	438	3,258	6,332	2,498
HZ 1180M C	589,7	1 056 500	19 425	18 760	419	441	463	3,275	6,370	2,498
HZ 1180M D	608,7	1 096 060	20 080	19 465	434	456	478	3,287	6,382	2,498

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾						Pro System			
	A	I _y	W _{ely} [*]	W _{ely} ^{**}	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	289,0	148 770	4 375	4 900	187	207	227	2,293	4,238	1,890
HZ 880M A	277,1	231 690	5 185	5 925	179	198	218	2,332	4,712	1,927
HZ 880M B	293,6	250 190	5 630	6 330	192	211	230	2,335	4,713	1,927
HZ 880M C	301,1	262 760	5 905	6 620	198	217	236	2,335	4,713	1,927
HZ 1080M A	315,2	428 050	7 485	8 395	209	228	247	2,328	5,166	1,927
HZ 1080M B	327,1	461 810	8 075	9 005	218	237	257	2,329	5,166	1,927
HZ 1080M C	348,6	502 460	8 800	9 720	235	254	274	2,330	5,167	1,927
HZ 1080M D	366,1	542 120	9 475	10 435	249	268	287	2,331	5,168	1,927
HZ 1180M A	380,0	571 930	9 960	10 965	260	279	298	2,332	5,169	1,927
HZ 1180M B	388,9	598 090	10 420	11 420	267	286	305	2,333	5,173	1,927
HZ 1180M C	406,1	636 480	11 010	12 130	279	299	319	2,346	5,182	1,927
HZ 1180M D	419,8	666 680	11 570	12 615	290	310	330	2,352	5,187	1,927
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	308,5	168 660	5 470	5 010	196	219	242	2,293	4,519	1,890
HZ 880M A	296,4	266 560	6 625	6 105	187	210	233	2,332	4,947	1,927
HZ 880M B	312,7	284 400	7 035	6 510	200	223	245	2,335	4,950	1,927
HZ 880M C	320,2	296 850	7 305	6 795	206	229	251	2,335	4,950	1,927
HZ 1080M A	334,5	486 340	9 275	8 700	217	240	263	2,328	5,401	1,927
HZ 1080M B	346,3	519 210	9 845	9 290	226	249	272	2,329	5,402	1,927
HZ 1080M C	367,7	559 390	10 545	10 010	243	266	289	2,330	5,404	1,927
HZ 1080M D	385,2	598 750	11 205	10 715	257	280	302	2,331	5,404	1,927
HZ 1180M A	399,1	628 280	11 670	11 255	268	291	313	2,332	5,405	1,927
HZ 1180M B	407,4	652 380	12 075	11 675	275	297	320	2,333	5,407	1,927
HZ 1180M C	429,9	705 610	12 925	12 485	290	314	337	2,346	5,441	1,927
HZ 1180M D	442,3	731 470	13 355	12 945	300	323	347	2,352	5,447	1,927
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	382,2	228 350	7 010	6 450	268	284	300	2,778	4,742	2,324
HZ 880M A	360,3	359 100	8 420	7 790	252	267	283	2,855	5,253	2,398
HZ 880M B	386,4	387 740	9 095	8 455	272	288	303	2,861	5,259	2,398
HZ 880M C	398,4	407 780	9 540	8 905	282	297	313	2,861	5,259	2,398
HZ 1080M A	421,9	673 830	12 250	11 525	300	316	331	2,847	5,703	2,398
HZ 1080M B	440,8	726 850	13 175	12 465	315	330	346	2,849	5,706	2,398
HZ 1080M C	475,2	791 300	14 320	13 620	342	357	373	2,852	5,709	2,398
HZ 1080M D	503,1	854 490	15 395	14 750	364	379	395	2,853	5,710	2,398
HZ 1180M A	525,4	901 820	16 165	15 595	381	397	412	2,855	5,712	2,398
HZ 1180M B	538,7	940 600	16 815	16 280	392	407	423	2,858	5,720	2,398
HZ 1180M C	568,2	1 008 410	17 940	17 345	414	430	446	2,875	5,733	2,398
HZ 1180M D	588,0	1 049 720	18 635	18 080	430	446	462	2,887	5,743	2,398
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	399,5	245 350	7 965	7 295	276	295	314	2,778	5,003	2,324
HZ 880M A	377,1	388 200	9 655	8 895	260	278	296	2,855	5,470	2,398
HZ 880M B	403,1	416 640	10 315	9 545	280	298	316	2,861	5,477	2,398
HZ 880M C	415,2	436 620	10 755	10 005	290	308	326	2,861	5,476	2,398
HZ 1080M A	438,7	722 780	13 790	12 940	308	326	344	2,847	5,920	2,398
HZ 1080M B	457,7	775 670	14 715	13 890	323	341	359	2,849	5,923	2,398
HZ 1080M C	492,0	839 830	15 845	15 040	350	368	386	2,852	5,926	2,398
HZ 1080M D	519,9	902 850	16 905	16 165	372	390	408	2,853	5,927	2,398
HZ 1180M A	542,1	950 040	17 660	17 015	389	407	426	2,855	5,928	2,398
HZ 1180M B	555,5	988 770	18 310	17 705	400	418	436	2,858	5,932	2,398
HZ 1180M C	589,2	1 068 250	19 640	18 970	424	443	462	2,875	5,970	2,398
HZ 1180M D	609,0	1 109 440	20 325	19 700	440	459	478	2,887	5,982	2,398

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} *	W _{ely} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 20-700										
HZ 630M	297,6	163 280	4 800	5 375	191	213	234	2,438	4,383	1,890
HZ 880M A	285,5	245 920	5 505	6 290	183	203	224	2,477	4,856	1,927
HZ 880M B	302,0	264 400	5 950	6 690	196	216	237	2,480	4,858	1,927
HZ 880M C	309,5	276 970	6 225	6 980	202	222	243	2,479	4,858	1,927
HZ 1080M A	323,6	442 300	7 735	8 675	213	233	254	2,472	5,311	1,927
HZ 1080M B	335,6	476 070	8 325	9 285	222	243	263	2,474	5,311	1,927
HZ 1080M C	357,0	516 700	9 050	10 000	239	260	280	2,475	5,312	1,927
HZ 1080M D	374,5	556 360	9 725	10 710	253	273	294	2,476	5,313	1,927
HZ 1180M A	388,4	586 150	10 210	11 240	264	284	305	2,476	5,314	1,927
HZ 1180M B	397,3	612 320	10 665	11 695	271	291	312	2,478	5,318	1,927
HZ 1180M C	414,5	650 700	11 260	12 400	283	304	325	2,491	5,327	1,927
HZ 1180M D	428,2	680 890	11 820	12 885	294	315	336	2,497	5,332	1,927
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 20-700										
HZ 630M	317,1	183 170	5 940	5 440	200	224	249	2,438	4,664	1,890
HZ 880M A	304,8	280 790	6 980	6 430	191	215	239	2,477	5,092	1,927
HZ 880M B	321,0	298 620	7 385	6 835	204	228	252	2,480	5,095	1,927
HZ 880M C	328,5	311 060	7 655	7 120	210	234	258	2,479	5,095	1,927
HZ 1080M A	342,9	500 590	9 545	8 955	221	245	269	2,472	5,546	1,927
HZ 1080M B	354,7	533 470	10 115	9 545	230	254	278	2,474	5,547	1,927
HZ 1080M C	376,1	573 630	10 815	10 265	247	271	295	2,475	5,549	1,927
HZ 1080M D	393,6	612 980	11 470	10 970	261	285	309	2,476	5,549	1,927
HZ 1180M A	407,5	642 500	11 935	11 510	272	296	320	2,476	5,550	1,927
HZ 1180M B	415,8	666 600	12 340	11 930	278	302	326	2,478	5,552	1,927
HZ 1180M C	438,3	719 830	13 185	12 735	294	319	344	2,491	5,585	1,927
HZ 1180M D	450,7	745 680	13 615	13 195	304	329	354	2,497	5,592	1,927
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 20-700										
HZ 630M	389,1	240 150	7 370	6 780	271	288	305	2,923	4,887	2,324
HZ 880M A	367,1	370 530	8 690	8 040	255	272	288	3,000	5,398	2,398
HZ 880M B	393,1	399 150	9 365	8 700	275	292	309	3,006	5,404	2,398
HZ 880M C	405,2	419 190	9 810	9 155	285	301	318	3,006	5,404	2,398
HZ 1080M A	428,6	685 300	12 455	11 725	303	320	336	2,992	5,848	2,398
HZ 1080M B	447,6	738 320	13 380	12 660	318	335	351	2,994	5,851	2,398
HZ 1080M C	481,9	802 740	14 530	13 820	345	362	378	2,997	5,854	2,398
HZ 1080M D	509,9	865 930	15 605	14 945	367	384	400	2,998	5,855	2,398
HZ 1180M A	532,1	913 250	16 370	15 790	384	401	418	3,000	5,856	2,398
HZ 1180M B	545,4	952 020	17 020	16 480	395	412	428	3,003	5,865	2,398
HZ 1180M C	574,9	1 019 820	18 145	17 540	418	434	451	3,020	5,878	2,398
HZ 1180M D	594,7	1 061 120	18 840	18 280	433	450	467	3,032	5,888	2,398
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 20-700										
HZ 630M	406,5	257 150	8 345	7 645	279	299	319	2,923	5,148	2,324
HZ 880M A	383,9	399 620	9 940	9 155	263	282	301	3,000	5,615	2,398
HZ 880M B	409,9	428 050	10 595	9 805	283	303	322	3,006	5,621	2,398
HZ 880M C	421,9	448 030	11 035	10 265	293	312	331	3,006	5,621	2,398
HZ 1080M A	445,5	734 240	14 010	13 145	311	330	350	2,992	6,065	2,398
HZ 1080M B	464,4	787 140	14 935	14 095	326	345	365	2,994	6,068	2,398
HZ 1080M C	498,7	851 280	16 060	15 245	353	372	391	2,997	6,071	2,398
HZ 1080M D	526,7	914 290	17 120	16 370	375	394	413	2,998	6,072	2,398
HZ 1180M A	548,9	961 470	17 870	17 215	392	412	431	3,000	6,073	2,398
HZ 1180M B	562,2	1 000 190	18 520	17 910	403	422	441	3,003	6,077	2,398
HZ 1180M C	595,9	1 079 660	19 850	19 170	427	448	468	3,020	6,115	2,398
HZ 1180M D	615,7	1 120 840	20 535	19 905	443	463	483	3,032	6,127	2,398

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾						Pro System			
	A	I _y	W _{ely} [*]	W _{ely} ^{**}	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 26-700										
HZ 630M	323,7	177180	5210	5835	204	229	254	2,512	4,457	1,890
HZ 880M A	311,1	259540	5810	6635	195	220	244	2,551	4,931	1,927
HZ 880M B	327,5	278020	6255	7030	208	232	257	2,554	4,933	1,927
HZ 880M C	335,0	290580	6530	7320	214	238	263	2,554	4,932	1,927
HZ 1080M A	349,2	455960	7975	8945	225	249	274	2,547	5,385	1,927
HZ 1080M B	361,2	489720	8565	9550	234	259	284	2,548	5,385	1,927
HZ 1080M C	382,6	530340	9290	10260	251	276	300	2,549	5,387	1,927
HZ 1080M D	400,1	569990	9960	10970	265	289	314	2,550	5,387	1,927
HZ 1180M A	414,0	599780	10445	11500	276	300	325	2,551	5,388	1,927
HZ 1180M B	422,9	625940	10905	11955	283	307	332	2,552	5,392	1,927
HZ 1180M C	440,1	664320	11495	12660	295	320	345	2,565	5,401	1,927
HZ 1180M D	453,7	694500	12055	13140	306	331	356	2,571	5,406	1,927
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 26-700										
HZ 630M	343,1	197070	6395	5855	212	241	269	2,512	4,738	1,890
HZ 880M A	330,3	294410	7320	6740	203	231	259	2,551	5,166	1,927
HZ 880M B	346,6	312230	7725	7150	216	244	272	2,554	5,169	1,927
HZ 880M C	354,1	324670	7990	7435	222	250	278	2,554	5,169	1,927
HZ 1080M A	368,5	514240	9805	9200	233	261	289	2,547	5,620	1,927
HZ 1080M B	380,3	547120	10375	9790	242	271	299	2,548	5,621	1,927
HZ 1080M C	401,7	587270	11075	10510	259	287	315	2,549	5,623	1,927
HZ 1080M D	419,1	626610	11725	11215	273	301	329	2,550	5,624	1,927
HZ 1180M A	433,0	656130	12190	11755	284	312	340	2,551	5,624	1,927
HZ 1180M B	441,3	680230	12590	12175	291	318	346	2,552	5,626	1,927
HZ 1180M C	463,8	733450	13435	12975	306	335	364	2,565	5,660	1,927
HZ 1180M D	476,2	759290	13860	13435	316	345	374	2,571	5,666	1,927
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 26-700										
HZ 630M	410,3	251450	7720	7100	281	302	322	2,997	4,961	2,324
HZ 880M A	387,6	381470	8945	8280	265	284	304	3,074	5,472	2,398
HZ 880M B	413,6	410080	9620	8940	285	305	325	3,081	5,479	2,398
HZ 880M C	425,7	430120	10065	9395	295	314	334	3,080	5,478	2,398
HZ 1080M A	449,2	696280	12655	11910	313	333	353	3,066	5,923	2,398
HZ 1080M B	468,2	749300	13580	12850	328	348	368	3,068	5,925	2,398
HZ 1080M C	502,5	813710	14725	14005	355	375	394	3,072	5,928	2,398
HZ 1080M D	530,4	876880	15800	15135	377	397	416	3,073	5,929	2,398
HZ 1180M A	552,6	924190	16565	15980	394	414	434	3,074	5,931	2,398
HZ 1180M B	566,0	962970	17215	16670	405	424	444	3,077	5,940	2,398
HZ 1180M C	595,4	1030740	18340	17730	427	447	467	3,094	5,953	2,398
HZ 1180M D	615,2	1072040	19035	18465	443	463	483	3,107	5,962	2,398
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 26-700										
HZ 630M	427,7	268460	8715	7980	289	313	336	2,997	5,223	2,324
HZ 880M A	404,4	410570	10210	9405	273	295	317	3,074	5,690	2,398
HZ 880M B	430,4	438980	10865	10055	293	315	338	3,081	5,696	2,398
HZ 880M C	442,4	458960	11305	10515	302	325	347	3,080	5,695	2,398
HZ 1080M A	466,1	745230	14220	13345	321	343	366	3,066	6,140	2,398
HZ 1080M B	485,0	798120	15140	14290	336	358	381	3,068	6,142	2,398
HZ 1080M C	519,3	862240	16265	15440	363	385	408	3,072	6,145	2,398
HZ 1080M D	547,2	925240	17325	16570	385	407	430	3,073	6,146	2,398
HZ 1180M A	569,4	972410	18075	17415	402	425	447	3,074	6,148	2,398
HZ 1180M B	582,7	1011140	18725	18105	413	435	457	3,077	6,151	2,398
HZ 1180M C	616,4	1090590	20050	19365	437	460	484	3,094	6,189	2,398
HZ 1180M D	636,2	1131760	20735	20100	453	476	499	3,107	6,201	2,398

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem globalen Sicherheitsbemessungsansatz

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} *	W _{ely} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 26										
HZ 630M	342,2	183 550	5 395	6 045	217	243	269	2,365	4,310	1,750
HZ 880M A	328,2	272 220	6 095	6 960	207	232	258	2,403	4,783	1,787
HZ 880M B	345,9	292 120	6 575	7 390	221	246	272	2,406	4,785	1,787
HZ 880M C	354,0	305 670	6 870	7 700	227	252	278	2,406	4,785	1,787
HZ 1080M A	369,4	484 080	8 465	9 495	239	264	290	2,399	5,238	1,787
HZ 1080M B	382,3	520 490	9 100	10 150	249	275	300	2,400	5,237	1,787
HZ 1080M C	405,4	564 250	9 885	10 920	267	293	318	2,402	5,239	1,787
HZ 1080M D	424,2	606 990	10 610	11 685	282	307	333	2,402	5,239	1,787
HZ 1180M A	439,2	639 100	11 130	12 255	294	319	345	2,403	5,240	1,787
HZ 1180M B	448,8	667 310	11 625	12 745	301	327	352	2,405	5,244	1,787
HZ 1180M C	467,3	708 660	12 260	13 505	315	341	367	2,418	5,253	1,787
HZ 1180M D	482,0	741 180	12 865	14 025	327	353	378	2,424	5,258	1,787
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 26										
HZ 630M	363,2	205 020	6 650	6 090	226	255	285	2,365	4,590	1,750
HZ 880M A	349,0	309 820	7 700	7 095	216	245	274	2,403	5,018	1,787
HZ 880M B	366,5	329 010	8 140	7 535	230	259	288	2,406	5,022	1,787
HZ 880M C	374,6	342 430	8 430	7 840	236	265	294	2,406	5,021	1,787
HZ 1080M A	390,2	546 940	10 430	9 785	248	277	306	2,399	5,473	1,787
HZ 1080M B	402,9	582 400	11 040	10 420	258	287	316	2,400	5,474	1,787
HZ 1080M C	426,0	625 650	11 795	11 195	276	305	334	2,402	5,475	1,787
HZ 1080M D	444,8	668 050	12 505	11 955	291	320	349	2,402	5,476	1,787
HZ 1180M A	459,7	699 860	13 000	12 540	303	332	361	2,403	5,477	1,787
HZ 1180M B	468,7	725 850	13 435	12 990	310	339	368	2,405	5,478	1,787
HZ 1180M C	492,9	783 200	14 345	13 855	326	357	387	2,418	5,512	1,787
HZ 1180M D	506,3	811 040	14 805	14 355	337	367	397	2,424	5,518	1,787
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 26										
HZ 630M	430,7	261 310	8 020	7 380	296	317	338	2,849	4,814	2,184
HZ 880M A	405,9	399 060	9 360	8 660	278	298	319	2,927	5,325	2,258
HZ 880M B	433,5	429 400	10 075	9 360	300	320	340	2,933	5,331	2,258
HZ 880M C	446,3	450 680	10 545	9 845	310	330	350	2,932	5,330	2,258
HZ 1080M A	471,5	733 500	13 330	12 545	330	350	370	2,919	5,775	2,258
HZ 1080M B	491,6	789 810	14 315	13 545	345	366	386	2,921	5,777	2,258
HZ 1080M C	528,0	858 140	15 530	14 770	374	394	414	2,924	5,780	2,258
HZ 1080M D	557,6	925 200	16 670	15 970	397	418	438	2,925	5,781	2,258
HZ 1180M A	581,2	975 400	17 485	16 865	416	436	456	2,926	5,783	2,258
HZ 1180M B	595,3	1 016 570	18 175	17 595	427	447	467	2,930	5,792	2,258
HZ 1180M C	626,5	1 088 440	19 365	18 725	451	471	492	2,947	5,805	2,258
HZ 1180M D	647,5	1 132 240	20 100	19 505	467	488	508	2,959	5,815	2,258
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 26										
HZ 630M	449,2	279 410	9 070	8 305	305	329	353	2,849	5,075	2,184
HZ 880M A	423,7	429 960	10 695	9 850	287	310	333	2,927	5,542	2,258
HZ 880M B	451,3	460 090	11 390	10 540	308	331	354	2,933	5,548	2,258
HZ 880M C	464,1	481 300	11 855	11 025	318	341	364	2,932	5,548	2,258
HZ 1080M A	489,3	785 490	14 985	14 065	338	361	384	2,919	5,992	2,258
HZ 1080M B	509,5	841 670	15 970	15 070	354	377	400	2,921	5,994	2,258
HZ 1080M C	545,8	909 690	17 160	16 290	382	405	428	2,924	5,997	2,258
HZ 1080M D	575,4	976 550	18 285	17 485	406	429	452	2,925	5,998	2,258
HZ 1180M A	599,0	1 026 600	19 080	18 385	424	447	470	2,926	6,000	2,258
HZ 1180M B	613,2	1 067 730	19 775	19 120	435	458	481	2,930	6,003	2,258
HZ 1180M C	648,8	1 151 990	21 180	20 455	461	485	509	2,947	6,041	2,258
HZ 1180M D	669,8	1 195 650	21 905	21 235	478	502	526	2,959	6,054	2,258

¹⁾ Werte unter Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{el,y} *	W _{el,y} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 20-800										
HZ 630M	167,4	120 225	3 535	3 960	176	196	216	2,661	4,606	2,090
HZ 880M A	158,8	195 955	4 390	5 015	168	188	208	2,700	5,080	2,127
HZ 880M B	174,0	212 960	4 795	5 390	180	200	220	2,703	5,082	2,127
HZ 880M C	180,8	224 360	5 045	5 655	186	205	225	2,703	5,081	2,127
HZ 1080M A	192,7	373 135	6 530	7 320	195	215	235	2,696	5,534	2,127
HZ 1080M B	203,5	403 675	7 060	7 875	204	224	243	2,697	5,534	2,127
HZ 1080M C	223,3	440 915	7 725	8 535	219	239	259	2,699	5,536	2,127
HZ 1080M D	239,3	477 090	8 340	9 185	232	251	271	2,699	5,536	2,127
HZ 1180M A	252,0	504 355	8 785	9 675	242	261	281	2,700	5,537	2,127
HZ 1180M B	260,1	528 070	9 200	10 085	248	268	287	2,702	5,541	2,127
HZ 1180M C	275,9	563 170	9 745	10 735	260	280	300	2,714	5,550	2,127
HZ 1180M D	288,6	590 870	10 260	11 185	269	289	309	2,720	5,555	2,127
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 20-800										
HZ 630M	185,0	138 210	4 485	4 110	184	207	230	2,661	4,887	2,090
HZ 880M A	176,3	227 560	5 660	5 210	176	199	221	2,700	5,315	2,127
HZ 880M B	191,3	244 005	6 035	5 590	188	210	233	2,703	5,318	2,127
HZ 880M C	198,1	255 290	6 285	5 850	193	216	238	2,703	5,318	2,127
HZ 1080M A	210,2	425 860	8 120	7 620	203	226	249	2,696	5,769	2,127
HZ 1080M B	220,8	455 595	8 640	8 155	212	234	257	2,697	5,771	2,127
HZ 1080M C	240,6	492 470	9 290	8 815	227	250	272	2,699	5,772	2,127
HZ 1080M D	256,6	528 385	9 890	9 460	239	262	285	2,699	5,773	2,127
HZ 1180M A	269,3	555 435	10 320	9 955	249	272	295	2,700	5,773	2,127
HZ 1180M B	276,9	577 280	10 685	10 335	255	278	300	2,702	5,775	2,127
HZ 1180M C	297,5	625 865	11 465	11 075	269	293	316	2,714	5,809	2,127
HZ 1180M D	309,0	649 665	11 860	11 500	278	302	325	2,720	5,815	2,127
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 20-800										
HZ 630M	274,0	198 405	6 090	5 605	252	269	285	3,146	5,111	2,524
HZ 880M A	257,2	320 220	7 510	6 950	238	254	270	3,224	5,621	2,598
HZ 880M B	281,9	347 275	8 150	7 575	257	273	289	3,230	5,628	2,598
HZ 880M C	293,0	365 820	8 565	7 995	265	281	297	3,229	5,627	2,598
HZ 1080M A	312,8	608 890	11 070	10 420	282	298	314	3,215	6,072	2,598
HZ 1080M B	330,3	657 710	11 925	11 280	296	312	328	3,218	6,074	2,598
HZ 1080M C	362,6	718 260	13 000	12 365	321	337	353	3,221	6,077	2,598
HZ 1080M D	388,8	777 195	14 005	13 415	341	357	373	3,222	6,078	2,598
HZ 1180M A	409,7	821 575	14 730	14 210	357	373	389	3,223	6,080	2,598
HZ 1180M B	422,0	857 400	15 330	14 845	367	383	399	3,227	6,089	2,598
HZ 1180M C	450,1	921 595	16 400	15 855	388	404	421	3,243	6,102	2,598
HZ 1180M D	468,9	960 640	17 060	16 550	402	419	435	3,256	6,111	2,598
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 20-800										
HZ 630M	290,0	214 060	6 950	6 365	260	279	298	3,146	5,372	2,524
HZ 880M A	272,8	347 100	8 635	7 955	245	263	282	3,224	5,839	2,598
HZ 880M B	297,4	374 020	9 260	8 575	264	282	301	3,230	5,845	2,598
HZ 880M C	308,6	392 510	9 670	8 995	273	291	310	3,229	5,844	2,598
HZ 1080M A	328,3	653 955	12 480	11 710	289	308	327	3,215	6,289	2,598
HZ 1080M B	345,7	702 655	13 335	12 585	303	322	340	3,218	6,291	2,598
HZ 1080M C	378,1	763 025	14 400	13 665	328	347	365	3,221	6,294	2,598
HZ 1080M D	404,2	821 835	15 390	14 720	348	367	385	3,222	6,295	2,598
HZ 1180M A	425,2	866 125	16 100	15 515	365	383	402	3,223	6,297	2,598
HZ 1180M B	437,5	901 900	16 705	16 155	374	393	411	3,227	6,300	2,598
HZ 1180M C	469,6	976 975	17 965	17 350	397	416	436	3,243	6,338	2,598
HZ 1180M D	488,3	1 015 940	18 615	18 045	411	431	450	3,256	6,350	2,598

¹⁾ Werte von A, I_y, W_{el,y}* & W_{el,y}** ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{el,y} *	W _{el,y} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 25-800										
HZ 630M	167,4	120 225	3 535	3 960	184	207	229	2,696	4,641	2,090
HZ 880M A	158,8	195 955	4 390	5 015	176	199	221	2,735	5,114	2,127
HZ 880M B	174,0	212 960	4 795	5 390	188	210	233	2,738	5,116	2,127
HZ 880M C	180,8	224 360	5 045	5 655	193	216	238	2,737	5,116	2,127
HZ 1080M A	192,7	373 135	6 530	7 320	203	226	248	2,730	5,569	2,127
HZ 1080M B	203,5	403 675	7 060	7 875	212	234	257	2,732	5,569	2,127
HZ 1080M C	223,3	440 915	7 725	8 535	227	249	272	2,733	5,570	2,127
HZ 1080M D	239,3	477 090	8 340	9 185	240	262	284	2,734	5,571	2,127
HZ 1180M A	252,0	504 355	8 785	9 675	250	272	294	2,734	5,572	2,127
HZ 1180M B	260,1	528 070	9 200	10 085	256	278	300	2,736	5,576	2,127
HZ 1180M C	275,9	563 170	9 745	10 735	267	290	313	2,749	5,584	2,127
HZ 1180M D	288,6	590 870	10 260	11 185	277	300	322	2,755	5,589	2,127
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 25-800										
HZ 630M	185,0	138 210	4 485	4 110	192	218	243	2,696	4,922	2,090
HZ 880M A	176,3	227 560	5 660	5 210	184	209	235	2,735	5,350	2,127
HZ 880M B	191,3	244 005	6 035	5 590	196	221	246	2,738	5,353	2,127
HZ 880M C	198,1	255 290	6 285	5 850	201	226	252	2,737	5,352	2,127
HZ 1080M A	210,2	425 860	8 120	7 620	211	236	262	2,730	5,804	2,127
HZ 1080M B	220,8	455 595	8 640	8 155	219	245	270	2,732	5,805	2,127
HZ 1080M C	240,6	492 470	9 290	8 815	235	260	285	2,733	5,807	2,127
HZ 1080M D	256,6	528 385	9 890	9 460	247	273	298	2,734	5,807	2,127
HZ 1180M A	269,3	555 435	10 320	9 955	257	282	308	2,734	5,808	2,127
HZ 1180M B	276,9	577 280	10 685	10 335	263	288	314	2,736	5,810	2,127
HZ 1180M C	297,5	625 865	11 465	11 075	277	303	330	2,749	5,843	2,127
HZ 1180M D	309,0	649 665	11 860	11 500	286	312	338	2,755	5,850	2,127
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 25-800										
HZ 630M	274,0	198 405	6 090	5 605	259	278	296	3,180	5,145	2,524
HZ 880M A	257,2	320 220	7 510	6 950	244	262	281	3,258	5,656	2,598
HZ 880M B	281,9	347 275	8 150	7 575	263	281	300	3,264	5,662	2,598
HZ 880M C	293,0	365 820	8 565	7 995	272	290	308	3,264	5,662	2,598
HZ 1080M A	312,8	608 890	11 070	10 420	289	307	325	3,250	6,106	2,598
HZ 1080M B	330,3	657 710	11 925	11 280	302	321	339	3,252	6,109	2,598
HZ 1080M C	362,6	718 260	13 000	12 365	327	346	364	3,255	6,112	2,598
HZ 1080M D	388,8	777 195	14 005	13 415	348	366	384	3,256	6,113	2,598
HZ 1180M A	409,7	821 575	14 730	14 210	364	382	400	3,258	6,114	2,598
HZ 1180M B	422,0	857 400	15 330	14 845	373	392	410	3,261	6,123	2,598
HZ 1180M C	450,1	921 595	16 400	15 855	394	413	431	3,278	6,136	2,598
HZ 1180M D	468,9	960 640	17 060	16 550	409	427	446	3,290	6,146	2,598
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 25-800										
HZ 630M	290,0	214 060	6 950	6 365	266	288	309	3,180	5,406	2,524
HZ 880M A	272,8	347 100	8 635	7 955	251	272	293	3,258	5,873	2,598
HZ 880M B	297,4	374 020	9 260	8 575	270	291	312	3,264	5,879	2,598
HZ 880M C	308,6	392 510	9 670	8 995	279	300	320	3,264	5,879	2,598
HZ 1080M A	328,3	653 955	12 480	11 710	296	317	337	3,250	6,323	2,598
HZ 1080M B	345,7	702 655	13 335	12 585	310	330	351	3,252	6,326	2,598
HZ 1080M C	378,1	763 025	14 400	13 665	335	355	376	3,255	6,329	2,598
HZ 1080M D	404,2	821 835	15 390	14 720	355	376	396	3,256	6,330	2,598
HZ 1180M A	425,2	866 125	16 100	15 515	371	392	412	3,258	6,331	2,598
HZ 1180M B	437,5	901 900	16 705	16 155	381	401	422	3,261	6,335	2,598
HZ 1180M C	469,6	976 975	17 965	17 350	403	425	446	3,278	6,372	2,598
HZ 1180M D	488,3	1 015 940	18 615	18 045	418	439	461	3,290	6,385	2,598

¹⁾ Werte von A, I_y, W_{el,y}* & W_{el,y}** ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{el,y} [*]	W _{el,y} ^{**}	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 13-770										
HZ 630M	172,3	123 775	3 640	4 075	174	192	210	2,427	4,372	2,030
HZ 880M A	163,4	201 645	4 515	5 160	166	184	202	2,466	4,846	2,067
HZ 880M B	179,1	219 140	4 930	5 545	178	196	214	2,469	4,847	2,067
HZ 880M C	186,1	230 875	5 190	5 820	184	201	219	2,469	4,847	2,067
HZ 1080M A	198,3	383 965	6 720	7 535	194	212	230	2,462	5,300	2,067
HZ 1080M B	209,4	415 390	7 265	8 100	203	220	238	2,463	5,300	2,067
HZ 1080M C	229,8	453 715	7 950	8 780	218	236	254	2,464	5,301	2,067
HZ 1080M D	246,2	490 935	8 585	9 450	231	249	267	2,465	5,302	2,067
HZ 1180M A	259,4	518 995	9 040	9 955	241	259	277	2,466	5,303	2,067
HZ 1180M B	267,7	543 400	9 470	10 380	248	266	284	2,467	5,307	2,067
HZ 1180M C	283,9	579 520	10 030	11 045	260	278	296	2,480	5,316	2,067
HZ 1180M D	297,0	608 025	10 555	11 505	270	288	306	2,486	5,321	2,067
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 13-770										
HZ 630M	190,4	142 295	4 620	4 230	182	203	224	2,427	4,653	2,030
HZ 880M A	181,4	234 170	5 825	5 365	174	195	216	2,466	5,081	2,067
HZ 880M B	196,9	251 085	6 210	5 750	186	207	228	2,469	5,084	2,067
HZ 880M C	203,9	262 700	6 470	6 020	192	212	233	2,469	5,084	2,067
HZ 1080M A	216,3	438 220	8 360	7 840	202	223	244	2,462	5,535	2,067
HZ 1080M B	227,2	468 820	8 890	8 390	210	231	252	2,463	5,536	2,067
HZ 1080M C	247,6	506 765	9 555	9 070	226	247	268	2,464	5,538	2,067
HZ 1080M D	264,0	543 725	10 180	9 735	239	260	281	2,465	5,538	2,067
HZ 1180M A	277,2	571 555	10 620	10 245	249	270	291	2,466	5,539	2,067
HZ 1180M B	284,9	594 035	10 995	10 635	255	276	297	2,467	5,541	2,067
HZ 1180M C	306,1	644 030	11 800	11 395	270	292	314	2,480	5,575	2,067
HZ 1180M D	318,0	668 520	12 205	11 835	279	301	323	2,486	5,581	2,067
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 13-770										
HZ 630M	280,7	203 235	6 240	5 740	252	267	282	2,912	4,876	2,464
HZ 880M A	263,3	327 790	7 690	7 115	237	252	266	2,989	5,387	2,538
HZ 880M B	288,6	355 485	8 345	7 755	257	271	286	2,995	5,393	2,538
HZ 880M C	300,0	374 465	8 765	8 180	266	280	295	2,995	5,393	2,538
HZ 1080M A	320,2	623 285	11 330	10 665	283	297	312	2,981	5,837	2,538
HZ 1080M B	338,1	673 255	12 205	11 545	297	311	326	2,983	5,840	2,538
HZ 1080M C	371,2	735 240	13 310	12 660	322	337	352	2,986	5,843	2,538
HZ 1080M D	398,0	795 570	14 335	13 735	343	358	372	2,987	5,844	2,538
HZ 1180M A	419,4	841 000	15 075	14 545	360	374	389	2,989	5,846	2,538
HZ 1180M B	432,0	877 670	15 695	15 195	370	384	399	2,992	5,854	2,538
HZ 1180M C	460,8	943 385	16 785	16 230	391	406	421	3,009	5,867	2,538
HZ 1180M D	480,0	983 350	17 460	16 940	406	421	435	3,021	5,877	2,538
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 13-770										
HZ 630M	297,0	219 270	7 120	6 520	260	277	295	2,912	5,138	2,464
HZ 880M A	279,2	355 305	8 840	8 145	245	262	279	2,989	5,604	2,538
HZ 880M B	304,4	382 865	9 480	8 775	264	281	298	2,995	5,611	2,538
HZ 880M C	315,8	401 785	9 900	9 210	273	290	307	2,995	5,610	2,538
HZ 1080M A	336,1	669 415	12 775	11 990	290	307	324	2,981	6,054	2,538
HZ 1080M B	353,9	719 265	13 650	12 880	304	321	339	2,983	6,057	2,538
HZ 1080M C	387,0	781 060	14 740	13 990	330	347	364	2,986	6,060	2,538
HZ 1080M D	413,8	841 265	15 755	15 070	351	368	385	2,987	6,061	2,538
HZ 1180M A	435,2	886 600	16 480	15 880	367	384	401	2,989	6,062	2,538
HZ 1180M B	447,8	923 220	17 100	16 535	377	394	411	2,992	6,066	2,538
HZ 1180M C	480,7	1 000 070	18 390	17 760	400	418	436	3,009	6,104	2,538
HZ 1180M D	499,9	1 039 960	19 055	18 470	415	433	451	3,021	6,116	2,538

¹⁾ Werte von A, I_y, W_{el,y}^{*} & W_{el,y}^{**} ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} *	W _{ely} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 28-750										
HZ 630M	175,8	126 265	3 715	4 160	192	216	239	2,693	4,638	1,990
HZ 880M A	166,7	205 620	4 605	5 260	184	207	230	2,732	5,112	2,027
HZ 880M B	182,6	223 465	5 030	5 655	196	219	242	2,735	5,114	2,027
HZ 880M C	189,7	235 430	5 295	5 935	202	225	248	2,735	5,113	2,027
HZ 1080M A	202,2	391 540	6 850	7 680	212	235	259	2,728	5,566	2,027
HZ 1080M B	213,6	423 590	7 410	8 260	221	244	267	2,729	5,566	2,027
HZ 1080M C	234,3	462 665	8 110	8 955	237	260	283	2,730	5,567	2,027
HZ 1080M D	251,1	500 625	8 750	9 635	250	273	297	2,731	5,568	2,027
HZ 1180M A	264,5	529 240	9 220	10 150	261	284	307	2,732	5,569	2,027
HZ 1180M B	273,0	554 120	9 655	10 585	267	290	314	2,733	5,573	2,027
HZ 1180M C	289,5	590 955	10 225	11 265	280	303	326	2,746	5,582	2,027
HZ 1180M D	302,8	620 020	10 765	11 735	290	313	337	2,752	5,587	2,027
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 28-750										
HZ 630M	194,3	145 155	4 710	4 315	200	227	254	2,693	4,919	1,990
HZ 880M A	185,0	238 790	5 935	5 470	192	218	244	2,732	5,347	2,027
HZ 880M B	200,7	256 040	6 335	5 865	204	230	257	2,735	5,350	2,027
HZ 880M C	207,9	267 885	6 595	6 135	210	236	262	2,735	5,350	2,027
HZ 1080M A	220,5	446 870	8 520	7 995	220	247	273	2,728	5,801	2,027
HZ 1080M B	231,7	478 075	9 070	8 555	229	256	282	2,729	5,802	2,027
HZ 1080M C	252,4	516 765	9 745	9 250	245	272	298	2,730	5,804	2,027
HZ 1080M D	269,2	554 450	10 380	9 925	258	285	311	2,731	5,804	2,027
HZ 1180M A	282,6	582 835	10 830	10 445	269	295	321	2,732	5,805	2,027
HZ 1180M B	290,5	605 760	11 215	10 845	275	301	327	2,733	5,807	2,027
HZ 1180M C	312,2	656 740	12 035	11 620	290	317	344	2,746	5,841	2,027
HZ 1180M D	324,2	681 715	12 445	12 065	299	326	353	2,752	5,847	2,027
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 28-750										
HZ 630M	285,3	206 590	6 345	5 835	269	288	307	3,178	5,142	2,424
HZ 880M A	267,5	333 040	7 815	7 230	253	272	290	3,255	5,653	2,498
HZ 880M B	293,2	361 180	8 475	7 875	273	291	310	3,262	5,659	2,498
HZ 880M C	304,8	380 465	8 905	8 315	282	300	319	3,261	5,659	2,498
HZ 1080M A	325,3	633 265	11 515	10 835	299	318	337	3,247	6,103	2,498
HZ 1080M B	343,5	684 040	12 400	11 730	314	332	351	3,249	6,106	2,498
HZ 1080M C	377,1	747 010	13 520	12 860	340	358	377	3,252	6,109	2,498
HZ 1080M D	404,3	808 310	14 565	13 955	361	379	398	3,253	6,110	2,498
HZ 1180M A	426,1	854 465	15 320	14 775	377	396	415	3,255	6,112	2,498
HZ 1180M B	438,9	891 725	15 945	15 435	387	406	425	3,258	6,121	2,498
HZ 1180M C	468,1	958 490	17 055	16 490	409	428	447	3,275	6,134	2,498
HZ 1180M D	487,7	999 095	17 740	17 210	424	443	462	3,287	6,143	2,498
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 28-750										
HZ 630M	301,9	222 890	7 235	6 630	276	298	320	3,178	5,404	2,424
HZ 880M A	283,7	360 995	8 980	8 275	261	282	303	3,255	5,870	2,498
HZ 880M B	309,3	388 995	9 630	8 915	280	301	323	3,262	5,877	2,498
HZ 880M C	320,9	408 220	10 055	9 355	289	311	332	3,261	5,876	2,498
HZ 1080M A	341,4	680 135	12 980	12 180	307	328	350	3,247	6,321	2,498
HZ 1080M B	359,6	730 785	13 870	13 085	321	343	364	3,249	6,323	2,498
HZ 1080M C	393,2	793 570	14 975	14 210	347	368	390	3,252	6,326	2,498
HZ 1080M D	420,4	854 735	16 005	15 310	368	389	411	3,253	6,327	2,498
HZ 1180M A	442,2	900 800	16 745	16 135	385	406	427	3,255	6,329	2,498
HZ 1180M B	455,0	938 005	17 370	16 800	395	416	438	3,258	6,332	2,498
HZ 1180M C	488,4	1 016 085	18 685	18 045	419	441	463	3,275	6,370	2,498
HZ 1180M D	507,9	1 056 610	19 360	18 770	434	456	478	3,287	6,382	2,498

¹⁾ Werte von A, I_y, W_{ely}* & W_{ely}** ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{el,y} *	W _{el,y} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	185,1	132945	3910	4380	187	207	227	2,293	4,238	1,890
HZ 880M A	175,3	216290	4845	5535	179	198	218	2,332	4,712	1,927
HZ 880M B	192,1	235060	5290	5950	192	211	230	2,335	4,713	1,927
HZ 880M C	199,6	247645	5570	6245	198	217	236	2,335	4,713	1,927
HZ 1080M A	212,7	411860	7205	8080	209	228	247	2,328	5,166	1,927
HZ 1080M B	224,6	445570	7795	8690	218	237	257	2,329	5,166	1,927
HZ 1080M C	246,4	486675	8530	9420	235	254	274	2,330	5,167	1,927
HZ 1080M D	264,1	526605	9205	10135	249	268	287	2,331	5,168	1,927
HZ 1180M A	278,2	556700	9700	10675	260	279	298	2,332	5,169	1,927
HZ 1180M B	287,1	582875	10155	11135	267	286	305	2,333	5,173	1,927
HZ 1180M C	304,6	621620	10760	11850	279	299	319	2,346	5,182	1,927
HZ 1180M D	318,5	652200	11325	12345	290	310	330	2,352	5,187	1,927
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	204,5	152835	4960	4540	196	219	242	2,293	4,519	1,890
HZ 880M A	194,5	251180	6245	5750	187	210	233	2,332	4,947	1,927
HZ 880M B	211,2	269330	6665	6170	200	223	245	2,335	4,950	1,927
HZ 880M C	218,7	281790	6940	6455	206	229	251	2,335	4,950	1,927
HZ 1080M A	232,0	470060	8965	8410	217	240	263	2,328	5,401	1,927
HZ 1080M B	243,7	502885	9540	9000	226	249	272	2,329	5,402	1,927
HZ 1080M C	265,5	543585	10250	9730	243	266	289	2,330	5,404	1,927
HZ 1080M D	283,2	583225	10920	10440	257	280	302	2,331	5,404	1,927
HZ 1180M A	297,3	613080	11390	10990	268	291	313	2,332	5,405	1,927
HZ 1180M B	305,6	637195	11795	11405	275	297	320	2,333	5,407	1,927
HZ 1180M C	328,4	690820	12655	12225	290	314	337	2,346	5,441	1,927
HZ 1180M D	341,0	717090	13095	12695	300	323	347	2,352	5,447	1,927
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	297,6	215480	6615	6085	268	284	300	2,778	4,742	2,324
HZ 880M A	278,7	346930	8140	7530	252	267	283	2,855	5,253	2,398
HZ 880M B	305,4	376240	8830	8205	272	288	303	2,861	5,259	2,398
HZ 880M C	317,5	396330	9275	8660	282	297	313	2,861	5,259	2,398
HZ 1080M A	338,9	659675	11995	11285	300	316	331	2,847	5,703	2,398
HZ 1080M B	357,8	712565	12915	12220	315	330	346	2,849	5,706	2,398
HZ 1080M C	392,8	778165	14085	13395	342	357	373	2,852	5,709	2,398
HZ 1080M D	421,2	842015	15175	14535	364	379	395	2,853	5,710	2,398
HZ 1180M A	443,8	890100	15955	15390	381	397	412	2,855	5,712	2,398
HZ 1180M B	457,2	928910	16610	16080	392	407	423	2,858	5,720	2,398
HZ 1180M C	487,7	998460	17765	17175	414	430	446	2,875	5,733	2,398
HZ 1180M D	508,0	1040755	18480	17930	430	446	462	2,887	5,743	2,398
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 13-700-10/10										
HZ 630M	314,9	232480	7550	6915	276	295	314	2,778	5,003	2,324
HZ 880M A	295,5	376050	9355	8620	260	278	296	2,855	5,470	2,398
HZ 880M B	322,2	405215	10030	9285	280	298	316	2,861	5,477	2,398
HZ 880M C	334,3	425245	10475	9745	290	308	326	2,861	5,476	2,398
HZ 1080M A	355,7	708495	13520	12690	308	326	344	2,847	5,920	2,398
HZ 1080M B	374,6	761260	14445	13635	323	341	359	2,849	5,923	2,398
HZ 1080M C	409,6	826660	15600	14805	350	368	386	2,852	5,926	2,398
HZ 1080M D	438,0	890380	16675	15945	372	390	408	2,853	5,927	2,398
HZ 1180M A	460,6	938365	17445	16805	389	407	426	2,855	5,928	2,398
HZ 1180M B	474,0	977120	18095	17500	400	418	436	2,858	5,932	2,398
HZ 1180M C	508,7	1058455	19460	18795	424	443	462	2,875	5,970	2,398
HZ 1180M D	529,1	1100675	20170	19550	440	459	478	2,887	5,982	2,398

¹⁾ Werte von A, I_y, W_{el,y}* & W_{el,y}** ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} *	W _{ely} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 20-700										
HZ 630M	185,1	132945	3910	4380	191	213	234	2,438	4,383	1,890
HZ 880M A	175,3	216290	4845	5535	183	203	224	2,477	4,856	1,927
HZ 880M B	192,1	235060	5290	5950	196	216	237	2,480	4,858	1,927
HZ 880M C	199,6	247645	5570	6245	202	222	243	2,479	4,858	1,927
HZ 1080M A	212,7	411860	7205	8080	213	233	254	2,472	5,311	1,927
HZ 1080M B	224,6	445570	7795	8690	222	243	263	2,474	5,311	1,927
HZ 1080M C	246,4	486675	8530	9420	239	260	280	2,475	5,312	1,927
HZ 1080M D	264,1	526605	9205	10135	253	273	294	2,476	5,313	1,927
HZ 1180M A	278,2	556700	9700	10675	264	284	305	2,476	5,314	1,927
HZ 1180M B	287,1	582875	10155	11135	271	291	312	2,478	5,318	1,927
HZ 1180M C	304,6	621620	10760	11850	283	304	325	2,491	5,327	1,927
HZ 1180M D	318,5	652200	11325	12345	294	315	336	2,497	5,332	1,927
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 20-700										
HZ 630M	204,5	152835	4960	4540	200	224	249	2,438	4,664	1,890
HZ 880M A	194,5	251180	6245	5750	191	215	239	2,477	5,092	1,927
HZ 880M B	211,2	269330	6665	6170	204	228	252	2,480	5,095	1,927
HZ 880M C	218,7	281790	6940	6455	210	234	258	2,479	5,095	1,927
HZ 1080M A	232,0	470060	8965	8410	221	245	269	2,472	5,546	1,927
HZ 1080M B	243,7	502885	9540	9000	230	254	278	2,474	5,547	1,927
HZ 1080M C	265,5	543585	10250	9730	247	271	295	2,475	5,549	1,927
HZ 1080M D	283,2	583225	10920	10440	261	285	309	2,476	5,549	1,927
HZ 1180M A	297,3	613080	11390	10990	272	296	320	2,476	5,550	1,927
HZ 1180M B	305,6	637195	11795	11405	278	302	326	2,478	5,552	1,927
HZ 1180M C	328,4	690820	12655	12225	294	319	344	2,491	5,585	1,927
HZ 1180M D	341,0	717090	13095	12695	304	329	354	2,497	5,592	1,927
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 20-700										
HZ 630M	297,6	215480	6615	6085	271	288	305	2,923	4,887	2,324
HZ 880M A	278,7	346930	8140	7530	255	272	288	3,000	5,398	2,398
HZ 880M B	305,4	376240	8830	8205	275	292	309	3,006	5,404	2,398
HZ 880M C	317,5	396330	9275	8660	285	301	318	3,006	5,404	2,398
HZ 1080M A	338,9	659675	11995	11285	303	320	336	2,992	5,848	2,398
HZ 1080M B	357,8	712565	12915	12220	318	335	351	2,994	5,851	2,398
HZ 1080M C	392,8	778165	14085	13395	345	362	378	2,997	5,854	2,398
HZ 1080M D	421,2	842015	15175	14535	367	384	400	2,998	5,855	2,398
HZ 1180M A	443,8	890100	15955	15390	384	401	418	3,000	5,856	2,398
HZ 1180M B	457,2	928910	16610	16080	395	412	428	3,003	5,865	2,398
HZ 1180M C	487,7	998460	17765	17175	418	434	451	3,020	5,878	2,398
HZ 1180M D	508,0	1040755	18480	17930	433	450	467	3,032	5,888	2,398
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 20-700										
HZ 630M	314,9	232480	7550	6915	279	299	319	2,923	5,148	2,324
HZ 880M A	295,5	376050	9355	8620	263	282	301	3,000	5,615	2,398
HZ 880M B	322,2	405215	10030	9285	283	303	322	3,006	5,621	2,398
HZ 880M C	334,3	425245	10475	9745	293	312	331	3,006	5,621	2,398
HZ 1080M A	355,7	708495	13520	12690	311	330	350	2,992	6,065	2,398
HZ 1080M B	374,6	761260	14445	13635	326	345	365	2,994	6,068	2,398
HZ 1080M C	409,6	826660	15600	14805	353	372	391	2,997	6,071	2,398
HZ 1080M D	438,0	890380	16675	15945	375	394	413	2,998	6,072	2,398
HZ 1180M A	460,6	938365	17445	16805	392	412	431	3,000	6,073	2,398
HZ 1180M B	474,0	977120	18095	17500	403	422	441	3,003	6,077	2,398
HZ 1180M C	508,7	1058455	19460	18795	427	448	468	3,020	6,115	2,398
HZ 1180M D	529,1	1100675	20170	19550	443	463	483	3,032	6,127	2,398

¹⁾ Werte von A, I_y, W_{ely}* & W_{ely}** ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{el,y} *	W _{el,y} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 26-700										
HZ 630M	185,1	132945	3910	4380	204	229	254	2,512	4,457	1,890
HZ 880M A	175,3	216290	4845	5535	195	220	244	2,551	4,931	1,927
HZ 880M B	192,1	235060	5290	5950	208	232	257	2,554	4,933	1,927
HZ 880M C	199,6	247645	5570	6245	214	238	263	2,554	4,932	1,927
HZ 1080M A	212,7	411860	7205	8080	225	249	274	2,547	5,385	1,927
HZ 1080M B	224,6	445570	7795	8690	234	259	284	2,548	5,385	1,927
HZ 1080M C	246,4	486675	8530	9420	251	276	300	2,549	5,387	1,927
HZ 1080M D	264,1	526605	9205	10135	265	289	314	2,550	5,387	1,927
HZ 1180M A	278,2	556700	9700	10675	276	300	325	2,551	5,388	1,927
HZ 1180M B	287,1	582875	10155	11135	283	307	332	2,552	5,392	1,927
HZ 1180M C	304,6	621620	10760	11850	295	320	345	2,565	5,401	1,927
HZ 1180M D	318,5	652200	11325	12345	306	331	356	2,571	5,406	1,927
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 26-700										
HZ 630M	204,5	152835	4960	4540	212	241	269	2,512	4,738	1,890
HZ 880M A	194,5	251180	6245	5750	203	231	259	2,551	5,166	1,927
HZ 880M B	211,2	269330	6665	6170	216	244	272	2,554	5,169	1,927
HZ 880M C	218,7	281790	6940	6455	222	250	278	2,554	5,169	1,927
HZ 1080M A	232,0	470060	8965	8410	233	261	289	2,547	5,620	1,927
HZ 1080M B	243,7	502885	9540	9000	242	271	299	2,548	5,621	1,927
HZ 1080M C	265,5	543585	10250	9730	259	287	315	2,549	5,623	1,927
HZ 1080M D	283,2	583225	10920	10440	273	301	329	2,550	5,624	1,927
HZ 1180M A	297,3	613080	11390	10990	284	312	340	2,551	5,624	1,927
HZ 1180M B	305,6	637195	11795	11405	291	318	346	2,552	5,626	1,927
HZ 1180M C	328,4	690820	12655	12225	306	335	364	2,565	5,660	1,927
HZ 1180M D	341,0	717090	13095	12695	316	345	374	2,571	5,666	1,927
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 26-700										
HZ 630M	297,6	215480	6615	6085	281	302	322	2,997	4,961	2,324
HZ 880M A	278,7	346930	8140	7530	265	284	304	3,074	5,472	2,398
HZ 880M B	305,4	376240	8830	8205	285	305	325	3,081	5,479	2,398
HZ 880M C	317,5	396330	9275	8660	295	314	334	3,080	5,478	2,398
HZ 1080M A	338,9	659675	11995	11285	313	333	353	3,066	5,923	2,398
HZ 1080M B	357,8	712565	12915	12220	328	348	368	3,068	5,925	2,398
HZ 1080M C	392,8	778165	14085	13395	355	375	394	3,072	5,928	2,398
HZ 1080M D	421,2	842015	15175	14535	377	397	416	3,073	5,929	2,398
HZ 1180M A	443,8	890100	15955	15390	394	414	434	3,074	5,931	2,398
HZ 1180M B	457,2	928910	16610	16080	405	424	444	3,077	5,940	2,398
HZ 1180M C	487,7	998460	17765	17175	427	447	467	3,094	5,953	2,398
HZ 1180M D	508,0	1040755	18480	17930	443	463	483	3,107	5,962	2,398
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 26-700										
HZ 630M	314,9	232480	7550	6915	289	313	336	2,997	5,223	2,324
HZ 880M A	295,5	376050	9355	8620	273	295	317	3,074	5,690	2,398
HZ 880M B	322,2	405215	10030	9285	293	315	338	3,081	5,696	2,398
HZ 880M C	334,3	425245	10475	9745	302	325	347	3,080	5,695	2,398
HZ 1080M A	355,7	708495	13520	12690	321	343	366	3,066	6,140	2,398
HZ 1080M B	374,6	761260	14445	13635	336	358	381	3,068	6,142	2,398
HZ 1080M C	409,6	826660	15600	14805	363	385	408	3,072	6,145	2,398
HZ 1080M D	438,0	890380	16675	15945	385	407	430	3,073	6,146	2,398
HZ 1180M A	460,6	938365	17445	16805	402	425	447	3,074	6,148	2,398
HZ 1180M B	474,0	977120	18095	17500	413	435	457	3,077	6,151	2,398
HZ 1180M C	508,7	1058455	19460	18795	437	460	484	3,094	6,189	2,398
HZ 1180M D	529,1	1100675	20170	19550	453	476	499	3,107	6,201	2,398

¹⁾ Werte von A, I_y, W_{el,y}* & W_{el,y}** ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

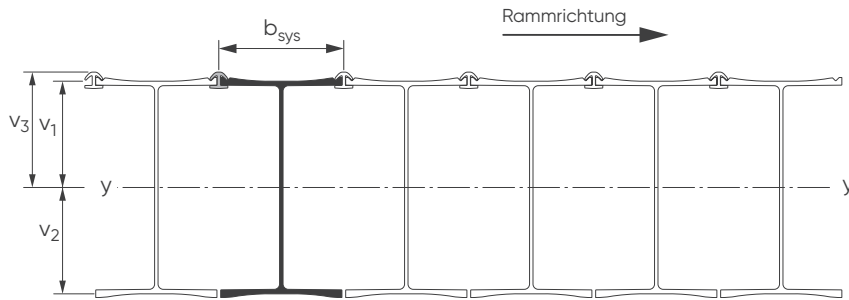
Eigenschaften der Kombinationen gemäß dem Bemessungsansatz nach EN 1993-5

Querschnitt	Eigenschaften pro Meter Wand ¹⁾							Pro System		
	A	I _y	W _{ely} *	W _{ely} **	G _{60%}	G _{80%}	G _{100%}	A _{LW}	A _{LS}	b _{sys}
	cm ² /m	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	m ² /m	m ² /m	m
Kombination HZ ... M - 12 / AZ 26										
HZ 630M	1999	143 580	4 220	4 730	217	243	269	2,365	4,310	1,750
HZ 880M A	189,0	233 235	5 225	5 970	207	232	258	2,403	4,783	1,787
HZ 880M B	207,1	253 480	5 705	6 415	221	246	272	2,406	4,785	1,787
HZ 880M C	215,2	267 050	6 005	6 730	227	252	278	2,406	4,785	1,787
HZ 1080M A	229,4	444 125	7 770	8 715	239	264	290	2,399	5,238	1,787
HZ 1080M B	242,2	480 480	8 405	9 370	249	275	300	2,400	5,237	1,787
HZ 1080M C	265,7	524 805	9 195	10 155	267	293	318	2,402	5,239	1,787
HZ 1080M D	284,8	567 860	9 925	10 930	282	307	333	2,402	5,239	1,787
HZ 1180M A	300,0	600 315	10 460	11 515	294	319	345	2,403	5,240	1,787
HZ 1180M B	309,6	628 540	10 950	12 005	301	327	352	2,405	5,244	1,787
HZ 1180M C	328,4	670 320	11 600	12 780	315	341	367	2,418	5,253	1,787
HZ 1180M D	343,5	703 295	12 210	13 310	327	353	378	2,424	5,258	1,787
Kombination HZ ... M - 14 / AZ 26										
HZ 630M	220,9	165 060	5 355	4 905	226	255	285	2,365	4,590	1,750
HZ 880M A	209,8	270 860	6 735	6 205	216	245	274	2,403	5,018	1,787
HZ 880M B	227,7	290 430	7 185	6 655	230	259	288	2,406	5,022	1,787
HZ 880M C	235,8	303 865	7 480	6 960	236	265	294	2,406	5,021	1,787
HZ 1080M A	250,1	506 885	9 665	9 070	248	277	306	2,399	5,473	1,787
HZ 1080M B	262,8	542 280	10 285	9 705	258	287	316	2,400	5,474	1,787
HZ 1080M C	286,3	586 170	11 055	10 490	276	305	334	2,402	5,475	1,787
HZ 1080M D	305,4	628 915	11 775	11 260	291	320	349	2,402	5,476	1,787
HZ 1180M A	320,6	661 110	12 285	11 850	303	332	361	2,403	5,477	1,787
HZ 1180M B	329,5	687 115	12 720	12 300	310	339	368	2,405	5,478	1,787
HZ 1180M C	354,1	744 945	13 650	13 180	326	357	387	2,418	5,512	1,787
HZ 1180M D	367,8	773 270	14 120	13 685	337	367	397	2,424	5,518	1,787
Kombination HZ ... M - 24 / AZ 26										
HZ 630M	316,7	229 295	7 040	6 475	296	317	338	2,849	4,814	2,184
HZ 880M A	296,0	368 440	8 645	8 000	278	298	319	2,927	5,325	2,258
HZ 880M B	324,4	399 570	9 380	8 715	300	320	340	2,933	5,331	2,258
HZ 880M C	337,2	420 900	9 850	9 195	310	330	350	2,932	5,330	2,258
HZ 1080M A	359,9	700 575	12 735	11 985	330	350	370	2,919	5,775	2,258
HZ 1080M B	380,0	756 745	13 720	12 980	345	366	386	2,921	5,777	2,258
HZ 1080M C	417,2	826 410	14 960	14 225	374	394	414	2,924	5,780	2,258
HZ 1080M D	447,3	894 225	16 115	15 435	397	418	438	2,925	5,781	2,258
HZ 1180M A	471,4	945 285	16 945	16 345	416	436	456	2,926	5,783	2,258
HZ 1180M B	485,6	986 505	17 640	17 075	427	447	467	2,930	5,792	2,258
HZ 1180M C	517,9	1 060 365	18 870	18 240	451	471	492	2,947	5,805	2,258
HZ 1180M D	539,5	1 105 285	19 625	19 040	467	488	508	2,959	5,815	2,258
Kombination HZ ... M - 26 / AZ 26										
HZ 630M	335,1	247 385	8 030	7 355	305	329	353	2,849	5,075	2,184
HZ 880M A	313,8	399 365	9 935	9 150	287	310	333	2,927	5,542	2,258
HZ 880M B	342,2	430 340	10 655	9 865	308	331	354	2,933	5,548	2,258
HZ 880M C	355,0	451 610	11 125	10 350	318	341	364	2,932	5,548	2,258
HZ 1080M A	377,7	752 425	14 360	13 475	338	361	384	2,919	5,992	2,258
HZ 1080M B	397,8	808 455	15 340	14 480	354	377	400	2,921	5,994	2,258
HZ 1080M C	435,0	877 915	16 565	15 720	382	405	428	2,924	5,997	2,258
HZ 1080M D	465,1	945 585	17 710	16 935	406	429	452	2,925	5,998	2,258
HZ 1180M A	489,2	996 545	18 525	17 850	424	447	470	2,926	6,000	2,258
HZ 1180M B	503,4	1 037 705	19 220	18 585	435	458	481	2,930	6,003	2,258
HZ 1180M C	540,3	1 124 080	20 670	19 965	461	485	509	2,947	6,041	2,258
HZ 1180M D	561,9	1 168 915	21 420	20 760	478	502	526	2,959	6,054	2,258

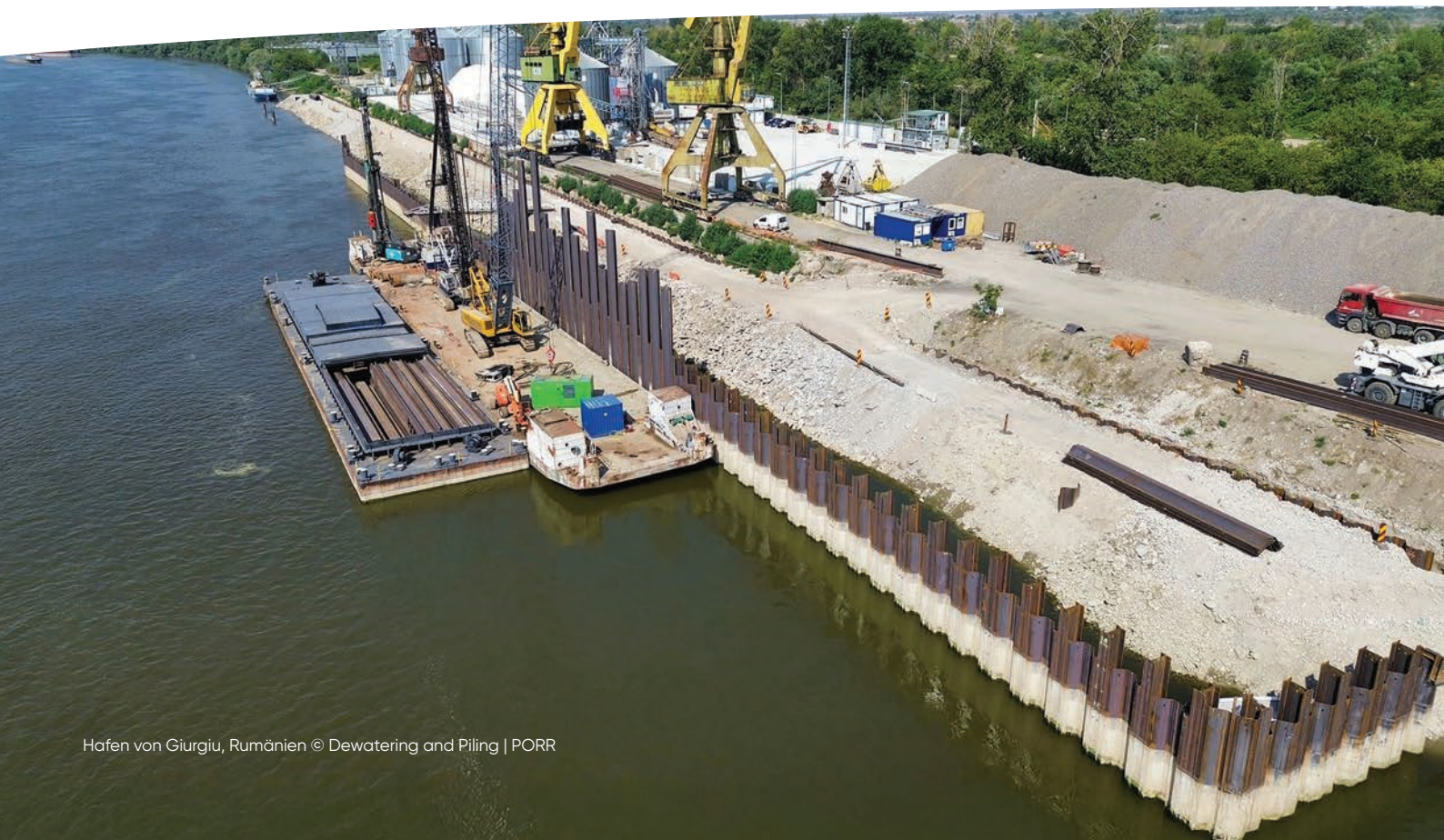
¹⁾ Werte von A, I_y, W_{ely}* & W_{ely}** ohne Berücksichtigung der Zwischenbohlen.

Eigenschaften der Kombinationen C 1 und C 23

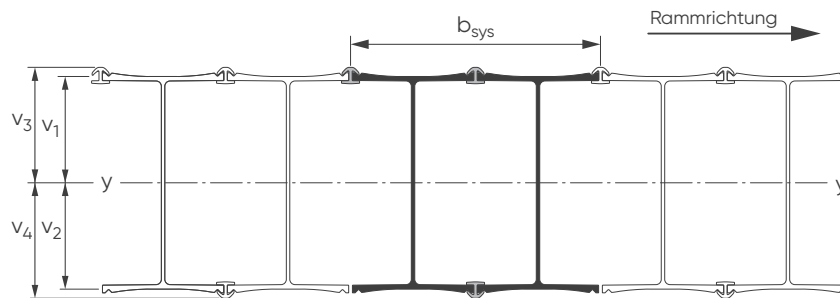
Kombination C 1



Querschnitt	Abmessungen			Eigenschaften der Wand pro Meter					Pro System		
	v_1	v_2	v_3	A	G	I_y	W_{ely}^*	W_{ely}^{**}	A_{LW}	A_{LS}	b_{sys}
	mm	mm	mm	cm ² /m	kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	m ² /m	m ² /m	m
HZ 630M	292,6	323,2	320,9	757,3	594,5	542340	16780	16900	0,513	2,500	0,434
HZ 880M A	380,2	423,2	414,6	671,0	526,8	823630	19460	19865	0,551	2,984	0,475
HZ 880M B	384,5	422,9	417,0	736,4	578,1	895380	21175	21475	0,554	2,986	0,475
HZ 880M C	387,3	424,1	417,7	766,9	602,0	946160	22310	22650	0,554	2,986	0,475
HZ 1080M A	500,8	546,6	535,2	830,8	652,2	1590360	29095	29715	0,547	3,439	0,470
HZ 1080M B	505,5	547,9	536,9	880,0	690,8	1728110	31540	32185	0,548	3,438	0,470
HZ 1080M C	510,5	548,9	538,9	965,7	758,0	1887970	34395	35035	0,549	3,440	0,470
HZ 1080M D	515,8	551,6	540,2	1035,8	813,1	2046410	37100	37880	0,550	3,440	0,470
HZ 1180M A	520,8	554,6	541,2	1091,2	856,6	2164320	39025	39990	0,551	3,441	0,475
HZ 1180M B	524,5	554,9	542,9	1127,6	885,2	2270310	40910	41820	0,553	3,447	0,475
HZ 1180M C	522,7	560,7	542,0	1192,6	936,2	2418290	43130	44615	0,558	3,465	0,475
HZ 1180M D	527,8	559,6	545,1	1246,5	978,5	2535560	45310	46515	0,564	3,472	0,475



Kombination C 23



Querschnitt	Abmessungen				Eigenschaften der Wand pro Meter					Pro System		
	v_1	v_2	v_3	v_4	A	G	I_y	W_{ely}^*	W_{ely}^{**}	A_{LW}	A_{LS}	b_{sys}
	mm	mm	mm	mm	cm ² /m	kg/m ²	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ³ /m	m ² /m	m ² /m	m
HZ 630M	298,7	317,0	327,1	345,3	772,5	606,4	557 210	17 580	16135	0,998	2,992	0,868
HZ 880M A	389,1	414,3	423,6	448,7	685,6	538,2	849 130	20 500	18 925	1,074	3,526	0,950
HZ 880M B	392,3	415,1	424,7	447,6	750,3	589,0	919 420	22 150	20 540	1,081	3,532	0,950
HZ 880M C	394,7	416,7	425,2	447,1	780,8	613,0	970 120	23 285	21 695	1,080	3,531	0,950
HZ 1080M A	510,3	537,1	544,8	571,5	845,7	663,8	1 633 800	30 420	28 590	1,066	3,976	0,940
HZ 1080M B	514,1	539,3	545,5	570,8	894,1	701,9	1 769 060	32 800	30 995	1,068	3,978	0,940
HZ 1080M C	518,2	541,2	546,6	569,6	979,7	769,1	1 928 510	35 635	33 855	1,072	3,981	0,940
HZ 1080M D	523,0	544,4	547,4	568,8	1 049,8	824,1	2 086 700	38 330	36 685	1,073	3,982	0,940
HZ 1180M A	527,6	547,8	548,0	568,3	1 105,1	867,5	2 204 240	40 235	38 790	1,074	3,984	0,950
HZ 1180M B	529,9	549,5	548,3	568,0	1 139,1	894,2	2 302 720	41 905	40 545	1,078	3,995	0,950
HZ 1180M C	530,2	553,2	549,5	572,5	1 209,4	949,4	2 466 050	44 575	43 075	1,087	4,017	0,950
HZ 1180M D	532,6	554,7	549,9	572,0	1 258,2	987,7	2 567 270	46 280	44 880	1,099	4,025	0,950



Bemessung eines HZ[®]-M Spundwandsystems

Es gibt zwei anerkannte Ansätze für die Bemessung eines kombinierten HZ/AZ-Spundwandsystems: den globalen Sicherheitsansatz und den Eurocode konformen Ansatz mit Teilsicherheitsfaktoren. Obwohl sie unterschiedlichen Bemessungsphilosophien folgen, die eine wendet allgemeine Sicherheitsreserven an, die andere differenzierte Grenzzustandsprüfungen, gewährleisten beide Methoden bei

korrekter Anwendung eine robuste und sichere Konstruktion. Der Eurocode-Ansatz sollte angewendet werden, um die gesetzlichen Anforderungen für Projekte in Europa zu erfüllen.

Dieses Kapitel stellt beide Ansätze vor, sodass Ingenieure das für ihr Projekt am besten geeignete kombinierte Spundwandssystem auswählen können.

Überprüfung der Stahlspannung (globaler Sicherheitsansatz)

Die Bemessung einer kombinierten Spundwand ähnelt grundsätzlich derjenigen klassischer Spundwandkonstruktionen. Allerdings erfolgt die Berechnung der Profileigenschaften eines kombinierten HZ/AZ-Systems anders als bei herkömmlichen Spundwänden.

Die kombinierte Spundwand ist eine Kombination aus verschiedenen Elementen, wobei davon ausgegangen wird, dass die Biegemomente entlang der Wand proportional zu den jeweiligen Steifigkeiten auf die verschiedenen Elemente verteilt werden.

Folglich:

- Trägheitsmoment eines HZ/AZ-Systems (eine HZ[®]-M Tragbohle und eine AZ-Doppelbohle):

$$I_{\text{sys}} = I_{\text{HZ}} + I_{\text{AZ}}$$

- Trägheitsmoment des HZ/AZ-Systems pro Meter Wand:

$$I_{\text{sys/m}} = \frac{I_{\text{HZ}} + I_{\text{AZ}}}{b_{\text{sys}}}$$

Wird nur die Wirkung der Biegemomente berücksichtigt, können die Stahlspannungen mit der Grundformel bestimmt werden:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Für die HZ-M Tragbohlen:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{HZ}} &= \frac{M_{\text{HZ}}}{W_{\text{HZ}}} = \left(\frac{1}{W_{\text{HZ}}} \right) \left(\frac{I_{\text{HZ}}}{I_{\text{sys}}} M_{\text{sys}} \right) b_{\text{sys}} \\ &= \frac{1}{W_{\text{HZ, eq}}} M_{\text{sys}} \end{aligned}$$

wobei
$$W_{\text{HZ, eq}} = \frac{I_{\text{sys}}}{b_{\text{sys}} \max(v_1, v_2)}$$

das „äquivalente Widerstandsmoment“ der HZ-M Tragbohle ist. Dieser Ansatz vereinfacht die Aufgabe des Konstrukteurs, indem ausschließlich M_{sys} verwendet wird (keine Notwendigkeit, M_{sys} zu zerlegen).

Anmerkung:

„ $W_{\text{HZ, eq}}$ “ wird in den Tabellen dieser Broschüre als „ W_{ely} “ bezeichnet.

Daher ermöglichen folgende Formeln die Berechnung der Biegemomentverteilung auf die einzelnen Komponenten.

Angenommen, dass M_{sys} das Biegemoment pro Meter Wand gemäß der geotechnischen Bemessung ist:

- auf die HZ-M Tragbohle (einschließlich der Schlossprofile) übertragenes Biegemoment:

$$M_{\text{HZ}} = \left(\frac{I_{\text{HZ}}}{I_{\text{sys}}} M_{\text{sys}} \right) b_{\text{sys}}$$

- auf die AZ-Zwischenbohlen übertragenes Biegemoment:

$$M_{\text{AZ}} = \left(\frac{I_{\text{AZ}}}{I_{\text{sys}}} M_{\text{sys}} \right) b_{\text{sys}}$$

Für die Schlossprofile RH / RZD / RZU:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{RH/RZ}} &= \frac{M_{\text{HZ}}}{W_{\text{RH/RZ}}} = \left(\frac{1}{W_{\text{RH/RZ}}} \right) \left(\frac{I_{\text{HZ}}}{I_{\text{sys}}} M_{\text{sys}} \right) b_{\text{sys}} \\ &= \frac{1}{W_{\text{RH/RZ, eq}}} M_{\text{sys}} \end{aligned}$$

wobei
$$W_{\text{RH/RZ, eq}} = \frac{I_{\text{sys}}}{b_{\text{sys}} \max(v_3, v_4)}$$

Anmerkung:

„ $W_{\text{RH/RZ, eq}}$ “ wird in den Tabellen dieser Broschüre als „ W_{ely} “ bezeichnet.

Für die AZ-Zwischenbohlen:

$$\sigma_{AZ} = \frac{M_{AZ}}{W_{AZ}} = \frac{\frac{I_{AZ}}{I_{sys}} M_{sys} b_{sys}}{W_{AZ}}$$

Basierend auf den obigen Formeln gestaltet sich die Nachweisführung der zulässigen Spannungen einfach:

$$\sigma_{zulässig} = \frac{f_y}{S_F}$$

Die Stahlspannungen jeder Komponente müssen einzeln überprüft werden:

$$\sigma_{HZ} \leq \sigma_{zulässig, HZ}$$

$$\sigma_{RH/RZ} \leq \sigma_{zulässig, RH/RZ}$$

$$\sigma_{AZ} \leq \sigma_{zulässig, AZ}$$

Anmerkungen:

- Die Streckgrenze der einzelnen Komponenten kann unterschiedlich sein. Als Faustregel gilt, dass die Spannungen innerhalb der Zwischenbohlen meist relativ gering sind, sodass für die AZ-Profile eine niedrige Stahlgüte verwendet werden kann. Dies verbessert die Kosteneffizienz des Systems. Allerdings können Schwierigkeiten bei der Einbringung dazu führen, dass eine höhere Stahlgüte erforderlich wird, als rechnerisch notwendig wäre.
- Die Streckgrenze der Schlossprofile muss mindestens der des HZ-M entsprechen, mit Ausnahme der Kombination 12. Daher sind Schlossprofile ausschließlich mit einer Streckgrenze von 460 MPa erhältlich.
- Die gesamte Palette des HZ-M-Systems ist auch in der Stahlgüte ASTM A 690 mit Streckgrenzen von 345 MPa und darüber erhältlich.

Die HZ-M Tragbohlen sind in der Lage, hohe Vertikallasten auf den Baugrund zu übertragen. In solchen Fällen sollte die Spannungsanalyse Vertikallasten und zusätzliche Biegemomente berücksichtigen, die durch die Durchbiegung hervorgerufen werden. Vertikallasten können auch von beschädigten Ankerpfählen, Streben usw. ausgehen.

Die Grundformel ändert sich nun zu:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} + \frac{N \cdot e}{W_x} + \frac{N}{A_{HZ}}$$

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Statiker die Spannungen in den verschiedenen Komponenten des HZ-M auf einfache Weise berechnen kann, indem er das Biegemoment M_{sys} der kombinierten Spundwand und die beiden „äquivalenten“ Widerstandsmomente $W_{el,y}^*$ und $W_{el,y}^{**}$ verwendet, die in den Tabellen auf den Seiten 12 bis 19 dieser Broschüre aufgeführt sind.

Überprüfung der Stahlspannung (Ansatz gemäß EN 1993-5)

In Europa muss die Bemessung von Stahlspundwänden den Eurocodes entsprechen. Bitte beachten Sie die EN 1993-5 [1] für die vollständige Bemessungsmethodik. Die Eurocodes basieren auf Teilsicherheitsfaktoren, die auf die Widerstände (EN 1993-5) und die Einwirkungen (geotechnische Bemessung gemäß EN 1997-1 [2]) angewendet werden. Im Gegensatz zum globalen Sicherheitsansatz berücksichtigt der Eurocode-Ansatz die Zwischenbohlen nicht bei der Bestimmung der Querschnittseigenschaften des Systems. Die entsprechenden Querschnittsflächen, Widerstandsmomente und Trägheitsmomente finden Sie in den Tabellen auf den Seiten 20 bis 27 dieser Broschüre. Empfehlungen und Hinweise für die effiziente Bemessung von kombinierten Stahlspundwänden gemäß den Eurocodes finden Sie in [3] und [12]. Ein detailliertes Bemessungsbeispiel ist im Anhang 1 dieser Broschüre aufgeführt.



Praktische Aspekte

Der Beitrag der Zwischenbohlen ist bei bestimmten Kombinationen relativ gering, sodass der Statiker in einigen Fällen den Beitrag des Trägheitsmoments der Zwischenbohlen vernachlässigt. Dies ist ein sicherer Ansatz, der jedoch in manchen Fällen zu konservativ sein könnte.

Durch die Verkürzung der Länge der Zwischenbohlen lassen sich Einsparungen erzielen. Im Boden, wo es Erdwiderstand und Einbindung gibt, kann ihre Länge erheblich optimiert werden. Für ihre Funktion als Zwischenbohle sollten die Bohlen mindestens bis zum Erddrucknullpunkt geführt werden. Aus Sicherheitsgründen wird ihre Länge unterhalb dieses Niveaus um mindestens 1 bis 2 m verlängert (Abbildung 2). Wenn die Einbindetiefe der Zwischenbohlen recht gering ist, muss während der Bauausführung besonders darauf geachtet werden, dass die Bohlen bis zur Bemessungstiefe eingerammt werden. Bei freistehenden Wänden tritt das maximale Biegemoment im eingespannten Teil der Bohlen auf. Daher muss die Länge der Zwischenbohlen überprüft werden. Darüber hinaus sollte bei hohem Grundwasserdruck das Risiko von Umläufigkeiten unterhalb des Bohlenfußes analysiert werden, wenn die Länge der Zwischenbohlen optimiert wird.

Der Abstand zwischen den HZ-M Tragbohlen sollte begrenzt werden, damit ein vollständiger, kontinuierlicher Erdwiderstand gewährleistet ist. Bei der Bestimmung des Tragbohlenabstands kann die Gewölbewirkung des Bodens berücksichtigt werden. Ist diese Eigenschaft vernachlässigbar (z. B. in weichem Schlamm oder bei hohem Grundwasserdruck), muss die Querbelastbarkeit der Zwischenbohlen überprüft werden. Zusätzlich muss möglicherweise die Entwicklung des Erdwiderstands vor der Wand überprüft werden. Die Erfahrung zeigt, dass bei den Standard-HZ/AZ-Kombinationen

dieser 3D-Effekt auf den passiven Erddruck berücksichtigt werden kann und die Bemessung der kombinierten Spundwand daher wie die einer durchgehenden Stützwand erfolgen kann. Ausführlichere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 8.1.2.8 der EAU 2020 [3]. Das Widerstandsmoment der HZ-M Tragbohlen kann durch Hinzufügen von RH-Schlossprofilen an den hinteren Flanschen an das resultierende Biegemoment angepasst werden. Dadurch kann ein leichter Querschnitt gewählt und nur dort lokal verstärkt werden, wo das größte Biegemoment auftritt (Abbildung 3).

Das HZ-M Spundwandensystem, bei dem alle ArcelorMittal AZ-Profile als Zwischenbohlen verwendet werden können, bietet maximale Flexibilität in Bezug auf die Bemessung. Es können auch schwerere AZ-Profile ausgewählt werden, um die Korrosionsbeständigkeit oder das Einbringverhalten zu verbessern. Im Allgemeinen variiert der Bereich geeigneter Spundbohlen von 1200 cm³/m bis 3200 cm³/m.

Die Rammpbarkeit ist ein weiterer wichtiger Faktor, der bei der Auswahl der Zwischenbohlen berücksichtigt werden sollte. Unter normalen Einbringbedingungen sollten Zwischenbohlen mit einer Länge von über 20 m ein Widerstandsmoment von mehr als 2000 cm³/m aufweisen.

Lokale Normen oder Vorschriften können bestimmte Eigenschaften der Zwischenbohlen vorschreiben. Beispielsweise müssen in einigen Ländern Zwischenbohlen, die in maritimen Bauwerken verwendet werden, eine Mindestdicke von 10–12 mm aufweisen.

Anmerkung:

Es sollte ein geeigneter Bemessungsansatz gewählt werden, um die lokalen Normen des Projekts zu erfüllen (z. B. Beitrag der Zwischenbohlen zum Biegemomentwiderstand [1]).

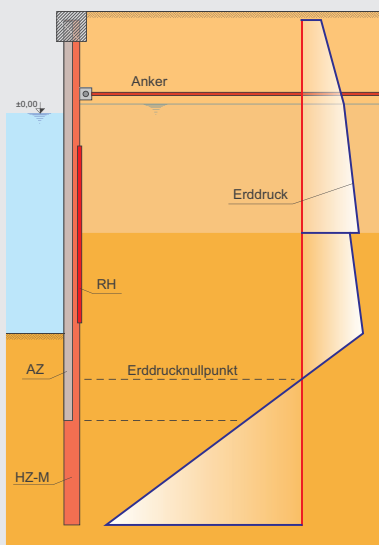


Abb. 2. Optimierung der Länge der AZ-Zwischenbohlen.

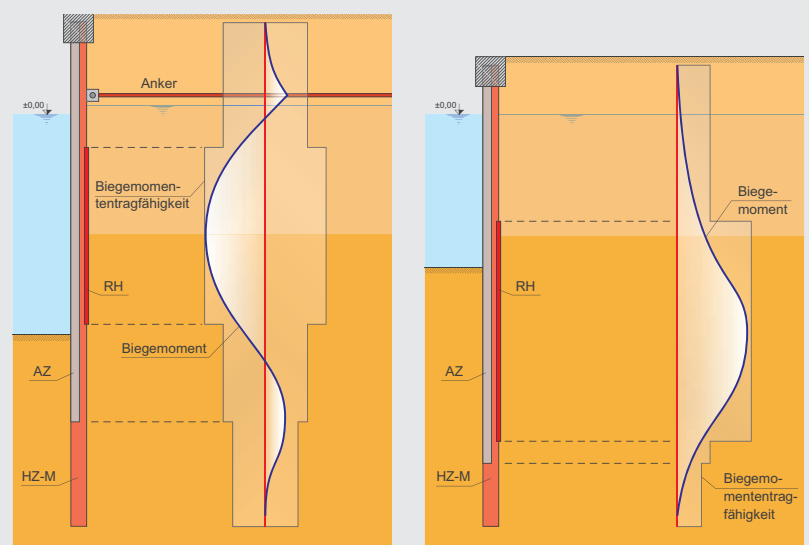


Abb. 3. Optimierung der Biegemomententragfähigkeit durch zusätzliche RH-Schlossprofile am hinteren Flansch.



Hafen von Cagliari, Italien © RCM

Dauerhaftigkeit

Im Allgemeinen muss bei der Bemessung von temporären Bauwerken Korrosion nicht berücksichtigt werden. Bei permanenten Strukturen muss jedoch die Korrosionsauswirkung für die gesamte Nutzungsdauer analysiert werden. Der Verlust von Stahl hat Einfluss auf die Bemessung von Bauwerken, die in Meeresumgebungen ausgeführt werden. Die atmosphärische Korrosion ist recht gering, und in den meisten natürlichen Böden ist Stahl recht korrosionsbeständig.

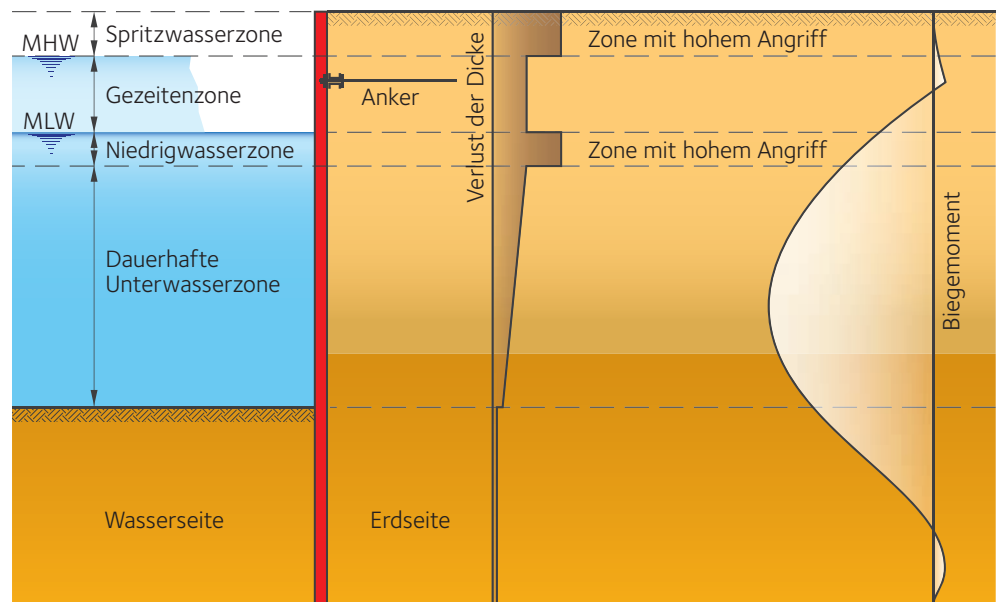
Die Bestimmung der Restprofileigenschaften nach Korrosion eines HZ-M Spundwandensystems ist komplexer als bei Standardspundwänden, da die Korrosion auf der Wasserseite der Wand stärker ist. Annahmen wie die Proportionalität zur ursprünglichen Dicke des Flansches sind zu konservativ und können zu unwirtschaftlichen Lösungen führen. Unsere technische Abteilung kann Ihnen zusätzliche Unterstützung bieten, wenn Sie eine Bewertung der Restprofileigenschaften benötigen.

Zusätzliche Schutzmaßnahmen für den Stahl umfassen Oberflächenbeschichtungen, kathodischen Schutz (nur in Bereichen, die dauerhaft mit Wasser in Kontakt stehen), Betonholmabdeckungen usw.

ArcelorMittal hat eine neue Stahlgüte namens „**AMLoCor**®“ entwickelt, die in der „dauerhaften Unterwasserzone“ und in der „Niedrigwasserzone“ korrosionsbeständiger ist. In naher Zukunft werden alle Elemente des HZ-M-Systems in der Stahlgüte AMLoCor mit unterschiedlichen Streckgrenzen erhältlich sein.

Die technische Abteilung von ArcelorMittal steht Ihnen bei allen Fragen gerne zur Verfügung.

Beispiel für typischen Dickenverlust aufgrund von Korrosion und die Momentverteilung bei einer verankerten Spundwand in Meeresumgebung:



Aufnehmbarer Wasserdruck

Das HZ-M System kann hohen hydraulischen Drücken ausgesetzt werden, beispielsweise wenn es zum Bau einer Baugrube in der Mitte eines Flusses verwendet wird. Die Leistungsfähigkeit des Systems unter Wasserdruck hängt von der gewählten Kombination aus HZ-M Tragbohle und AZ-Zwischenbohle sowie deren jeweiligen Stahlgüten ab. Dieses Kapitel soll ausreichende Informationen liefern, um die optimale HZ/AZ-Kombination für diesen speziellen Lastfall auszuwählen.

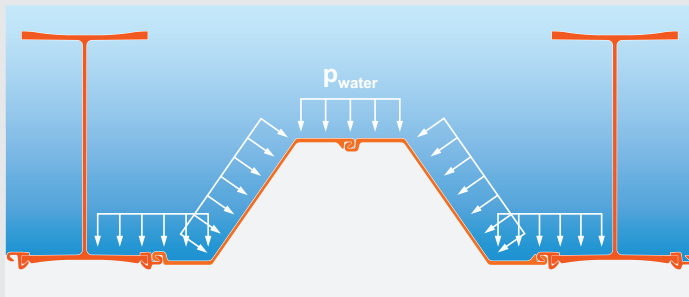
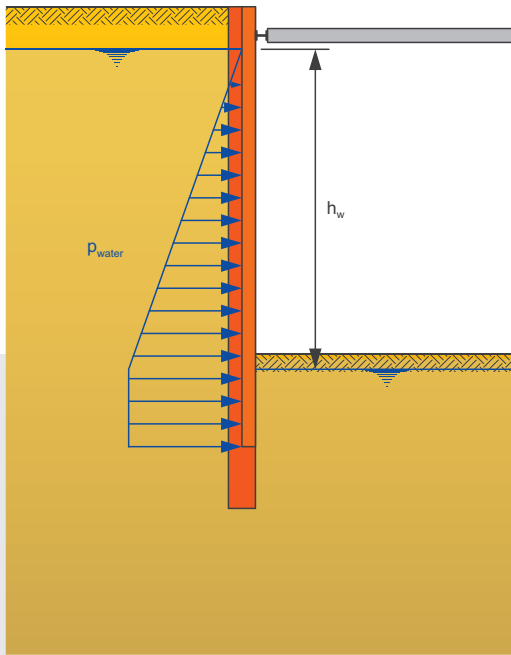


Abb. 4. HZ-M-System unter Wasserdruck: Annahmen.

Im Anschluss an frühere Versuchsreihen mit den Spundwandprofilen AZ 13, AZ 18 und AZ 26 wurden am Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen der Universität Stuttgart (Deutschland) zahlreiche mechanische Laborversuche und Finite-Elemente-Simulationen für die Serien AZ-700, AZ-750, AZ-770 und AZ-800 durchgeführt, um die Widerstandsfähigkeit des HZ-M-Systems gegenüber Wasserdruck zu ermitteln. Bei den mechanischen Tests wurden mehrere Hydraulikzylinder verwendet, die progressive Lasten auf die oberen Ecken der AZ-Bohlen ausübten (Abbildung 5). Die Rückberechnung dieser Tests ermöglichte die Kalibrierung eines 2D-FE-Modells unter Berücksichtigung konservativer ebener Spannungswerte, die mit den 50-cm-Testproben übereinstimmen.

Die Ergebnisse bestätigen das hervorragende Verhalten des HZ-M Spundwandsystems, das Wasserdruckunterschieden von bis zu 13 m bei den AZ-700-Profilen und bis zu 10 m bei den AZ-800-Profilen standhalten kann. In keinem Test kam es zu einer Entkopplung der Schösser, was die hervorragende Zuverlässigkeit der Schlossprofile und der „Larssen“-Schösser der AZ-Spundbohlen bestätigt.

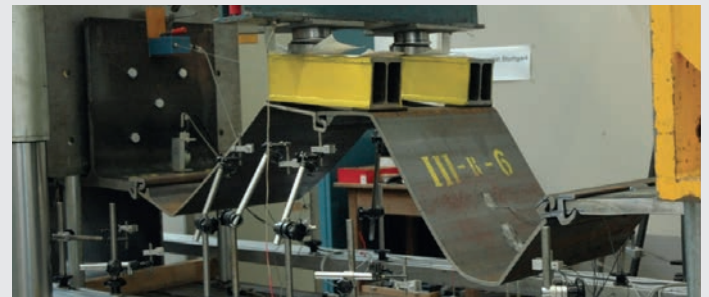
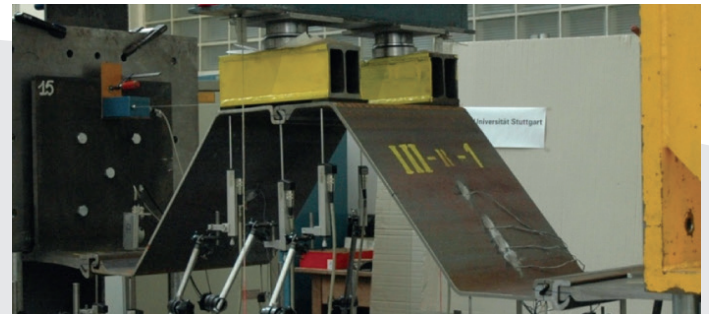


Abb. 5. Mechanische Prüfung des HZ-M-Systems im Labor.

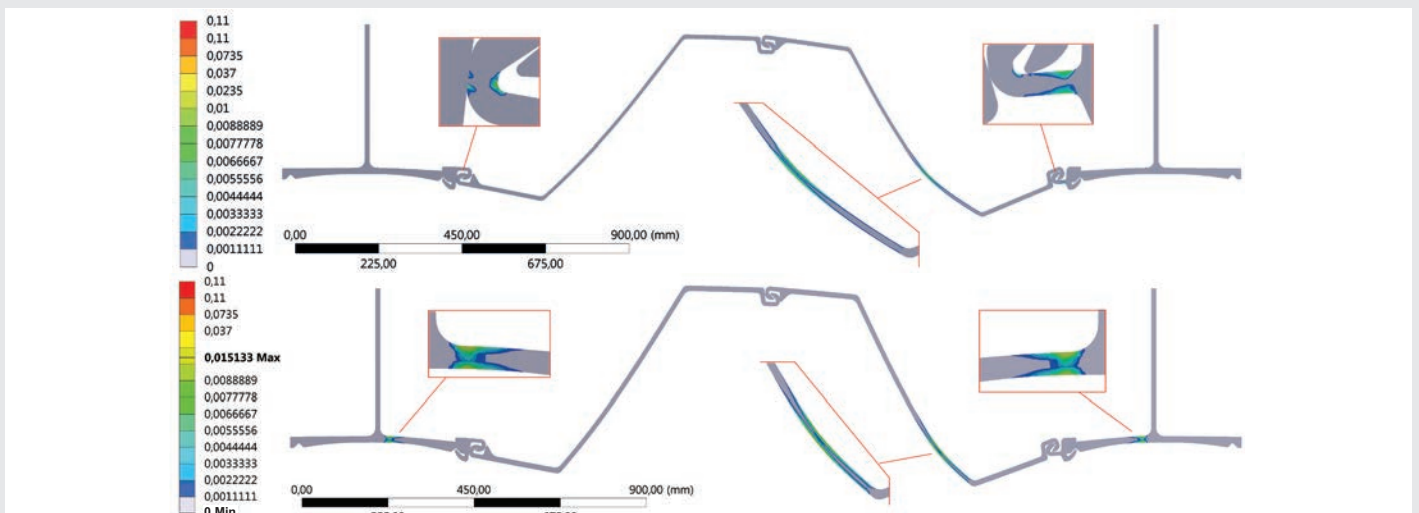


Abb. 6. Numerische Simulation einer kombinierten HZ/AZ-Spundwand unter Wasserdruck.

Die **charakteristischen Werte** für maximale Wasserdrücke $p_{max,k}$ der verschiedenen AZ-Serien (AZ-700, AZ-770, AZ-750 und AZ-800) resultieren aus einer statistischen Auswertung numerischer Testergebnisse aus der FEM, die anhand experimenteller Testergebnisse validiert wurden ([10], [11]).

Die erforderlichen Sicherheitsfaktoren gemäß Eurocode EN 1993-1-5, Anhang C [7], sind in den charakteristischen Werten enthalten. Die charakteristischen Werte des Wasserdrucks sind in der folgenden Tabelle aufgeführt und gelten für:

- Stahlsorten
 - > HZ-M S 430 GP & darüber $f_y \geq 430$ MPa
 - > RZD/RZU S 460 GP $f_y \geq 460$ MPa
 - > AZ S 240 GP, S 355 GP und S 430 GP
- Die Struktur ist reinem Wasserdruck ausgesetzt. Eventuell auftretende zusätzliche Erddrücke werden nicht berücksichtigt.

Die Tabelle ist in drei Kombinationen von HZ-M Tragbohlen unterteilt:

- HZ 880M A, S 430 GP und S 460 GP
- HZ 880M B, S 430 GP und S 460 GP
- HZ 880M C, HZ 1080M & HZ 1180M, S 430 GP und S 460 GP

Die **Bemessungswerte**¹⁾ können durch Anwendung des Teilsicherheitsfaktors γ_{M0} ermittelt werden. Siehe EN 1993-5 [1] und den entsprechenden Nationalen Anhang für γ_{M0} (EN 1993-5 empfiehlt einen Wert von $\gamma_{M0} = 1,0$).

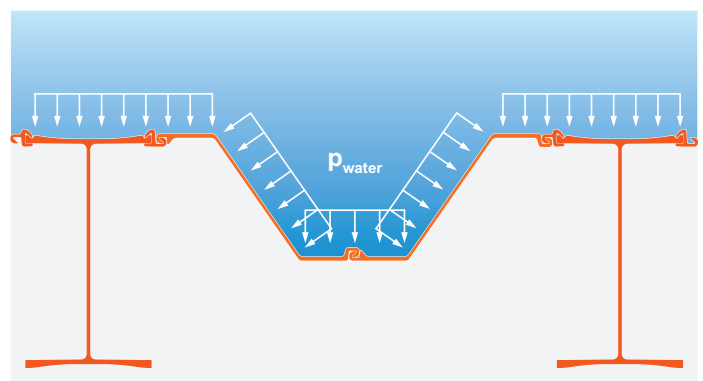
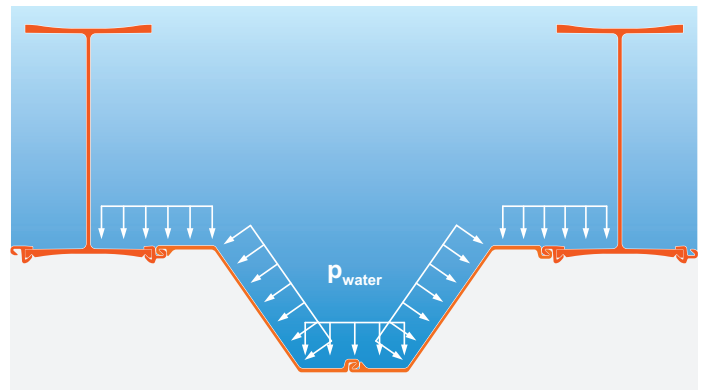


Abb. 7. AZ-Zwischenbohlen unter Wasserdruck, die unter Zugspannung arbeiten.

Auswirkungen von Ungenauigkeiten beim Einbringen:

Die Auswirkungen der Ungenauigkeiten beim Einbringen der kombinierten HZ-M Spundwand auf die Widerstandsfähigkeit gegenüber Wasserdruck wurden untersucht. Der Bereich der berücksichtigten Ungenauigkeiten betrug $\pm 5^\circ$ für die Drehung und ± 100 mm für die horizontale Verschiebung (Abbildung 8).

Die durchgeführte Studie ergab eine **auf 20 % begrenzte Verringerung** des Wasserdruckwiderstands für den Bereich der

betrachteten Ungenauigkeiten und Profile (AZ 18-10/10, AZ 26, AZ 18-700, AZ 20-700, AZ 26-700, AZ 20-800, AZ 22-800, AZ 25-800, AZ 27-800, AZ 30-750, AZ 32-750).

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an ArcelorMittal Spundwand.

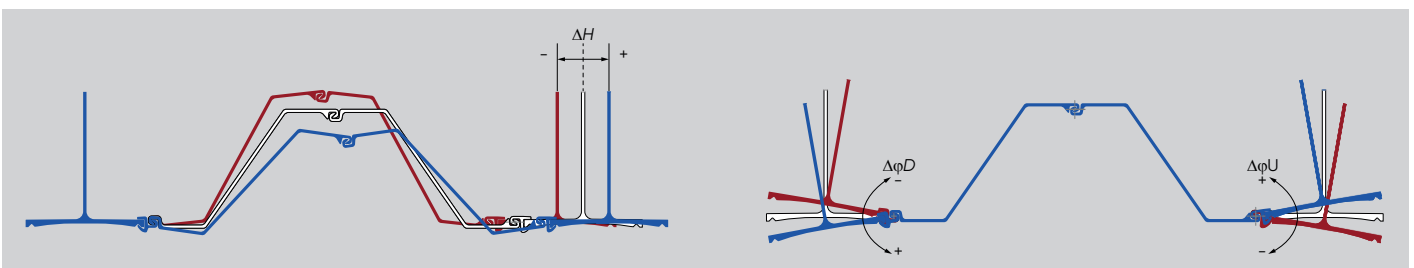


Abb. 8. Berücksichtigte Ungenauigkeiten beim Einbringen ($\pm 5^\circ$ für die Drehung und ± 100 mm für die horizontale Verschiebung).

Anmerkungen:

- Als Faustregel gilt, dass der Widerstand von AZ-Zwischenbohlen mit der Streckgrenze zunimmt.
- Ein Versagen kann in den AZ-Zwischenbohlen oder im Flansch der HZ-M Tragbohle auftreten, weshalb der Mindestwert beider Widerstände gewählt wird. Das Versagen des Flansches der leichteren HZ 880M Serie unter hohem Druck bestimmt in einigen Fällen die Widerstandsfähigkeit. **Die fettgedruckten Werte** in der Tabelle entsprechen einem Versagen innerhalb des HZ-M-Flansches. Für den HZ 630M wenden Sie sich bitte an unsere Technische Abteilung.
- Es ist zu beachten, dass Einbringtoleranzen und Materialdickenverluste aufgrund von Korrosion Auswirkungen auf die Wasserdruckbeständigkeit der Zwischenbohlen haben können und nicht durch die tabellierten Werte abgedeckt sind.

¹⁾ Dieses Verfahren gilt nur für einen „Grenzzustand“-Bemessungsansatz, wie er in den europäischen Eurocodes beschrieben ist. Wenn die Bemessung der Spundwand auf einer „zulässigen Bemessung der Spannung“ (Allowable Stress Design, ASD) basiert, muss die Berechnung unter Verwendung der charakteristischen Werte der Tabelle mit einem angemessenen globalen Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden, der auf lokalen Normen und Bemessungsregeln basiert.

Tragbohle	HZ 880M A						HZ 880M B						HZ 880M C / HZ 1080 M / HZ 1180 M						
	S 430 GP			S 460 GP			S 430 GP			S 460 GP			S 430 GP			S 460 GP			
	S 240 GP	S 355 GP	S 430 GP	S 240 GP	S 355 GP	S 430 GP	S 240 GP	S 355 GP	S 430 GP	S 240 GP	S 355 GP	S 430 GP	S 240 GP	S 355 GP	S 430 GP	S 240 GP	S 355 GP	S 430 GP	
AZ-Stahlsorte																			
AZ-Zwischenbohle	Charakteristische Werte des Wasserdrucks $p_{max,k}$ (kPa)																		
AZ 18-10/10	71,6	89,6	93,7	74,6	93,4	97,7	76,6	95,9	100,3	79,1	98,9	103,5	77,1	96,5	100,9	79,3	99,2	103,8	
AZ 26	85,6	107,2	112,1	90,1	112,8	118,0	99,8	124,9	130,7	104,7	131,1	137,1	107,4	134,4	140,6	110,2	137,9	144,3	
AZ 12-770	35,1	51,9	57,6	35,1	51,9	57,6	35,1	51,9	57,6	35,1	51,9	57,6	35,1	51,9	57,6	35,1	51,9	57,6	
AZ 13-770	38,5	57,0	63,0	38,5	57,0	63,0	38,5	57,0	63,0	38,5	57,0	63,0	38,5	57,0	63,0	38,5	57,0	63,0	
AZ 14-770	42,0	62,1	68,3	42,0	62,1	68,3	42,0	62,1	68,3	42,0	62,1	68,3	42,0	62,1	68,3	42,0	62,1	68,3	
AZ 14-770-10/10	45,4	67,1	73,6	45,4	67,1	73,6	45,4	67,1	73,6	45,4	67,1	73,6	45,4	67,1	73,6	45,4	67,1	73,6	
AZ 12-700	46,5	68,8	77,4	46,5	68,8	77,4	46,5	68,8	77,4	46,5	68,8	77,4	46,5	68,8	77,4	46,5	68,8	77,4	
AZ 13-700	52,7	77,9	88,2	52,7	77,9	88,2	52,7	77,9	88,2	52,7	77,9	88,2	52,7	77,9	88,2	52,7	77,9	88,2	
AZ 13-700-10/10	55,7	82,4	92,4	55,7	82,4	93,5	55,7	82,4	92,4	55,7	82,4	93,5	55,7	82,4	93,5	55,7	82,4	93,5	
AZ 14-700	58,8	87,0	92,4	58,8	87,0	98,3	58,8	87,0	92,4	58,8	87,0	98,3	58,8	87,0	98,9	58,8	87,0	98,9	
AZ 17-700	41,3	61,1	67,4	41,3	61,1	67,4	41,3	61,1	67,4	41,3	61,1	67,4	41,3	61,1	67,4	41,3	61,1	67,4	
AZ 18-700	45,0	66,6	73,7	45,0	66,6	73,7	45,0	66,6	73,7	45,0	66,6	73,7	45,0	66,6	73,7	45,0	66,6	73,7	
AZ 19-700	48,7	72,1	79,9	48,7	72,1	79,9	48,7	72,1	79,9	48,7	72,1	79,9	48,7	72,1	79,9	48,7	72,1	79,9	
AZ 20-700	52,5	77,6	86,2	52,5	77,6	86,2	52,5	77,6	86,2	52,5	77,6	86,2	52,5	77,6	86,2	52,5	77,6	86,2	
AZ 24-700	70,4	88,1	92,2	73,8	92,4	96,6	78,8	98,6	103,1	80,4	100,6	105,2	79,5	99,5	104,1	81,0	101,4	106,1	
AZ 26-700	74,8	93,7	98,0	78,4	98,2	102,7	86,6	108,4	113,4	89,3	111,8	117,0	89,2	111,6	116,8	90,8	113,6	118,8	
AZ 28-700	79,5	99,5	104,1	83,1	104,0	108,8	91,8	114,9	120,2	95,9	120,0	125,5	98,7	123,6	129,3	100,9	126,2	132,1	
AZ 18-800	35,7	50,2	55,8	36,8	51,6	57,4	36,3	51,1	56,8	37,1	52,3	58,1	36,5	51,8	57,6	37,3	53,0	58,9	
AZ 20-800	41,8	56,4	62,6	43,0	58,0	64,4	42,4	57,5	63,8	43,4	58,8	65,3	42,6	57,7	64,1	43,6	59,0	65,5	
AZ 22-800	48,5	62,5	69,5	49,9	64,3	71,5	49,2	63,8	70,9	50,4	65,3	72,5	49,5	63,5	70,5	50,6	64,9	72,1	
AZ 23-800	43,4	54,4	60,0	44,7	55,8	61,6	44,1	54,7	60,4	45,1	56,0	61,8	44,3	55,4	61,1	45,3	56,8	62,7	
AZ 25-800	49,6	60,9	67,3	51,1	62,7	69,3	49,8	62,3	68,8	51,0	63,8	70,4	50,0	62,6	69,2	51,1	64,1	70,7	
AZ 27-800	55,8	67,7	73,2	57,4	69,6	76,0	56,6	69,8	77,1	57,9	71,4	78,9	56,9	69,8	77,0	58,2	71,4	78,8	
AZ 28-750	52,7	67,7	75,0	54,2	69,8	77,3	53,5	68,7	76,1	54,7	70,3	77,9	53,8	68,6	76,0	55,0	70,2	77,7	
AZ 30-750	60,2	75,6	80,8	61,9	77,8	84,3	61,1	78,2	86,6	62,5	80,0	88,6	61,4	78,6	87,1	62,8	80,3	88,9	
AZ 32-750	68,1	81,0	86,4	70,1	84,3	89,8	69,1	87,6	97,0	70,7	89,6	99,2	69,5	88,3	97,8	71,1	90,3	100,0	

Querschnittsklassifizierung von HZ[®]-M (EN 1993)

Standardfall bei reiner Biegung¹⁾

Die Bemessung von Stahlspundwänden gemäß den europäischen Normen (EN 1993) erfordert die Querschnittsklassifizierung der Profile. Die Norm enthält Tabellen für die Klassifizierung der gängigsten Profile, wie Rohre, Winkelprofile und H-Träger, behandelt jedoch keine Sonderprofile wie HZ-M mit verschweißten Schlossprofilen an den Flanschenden oder Profile mit spezifischen Geometrien wie gebogene Flansche mit zunehmender Dicke zu ihren „freien“ Enden hin.

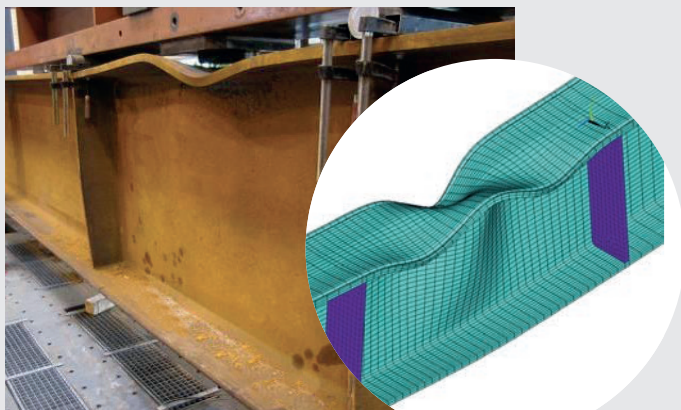
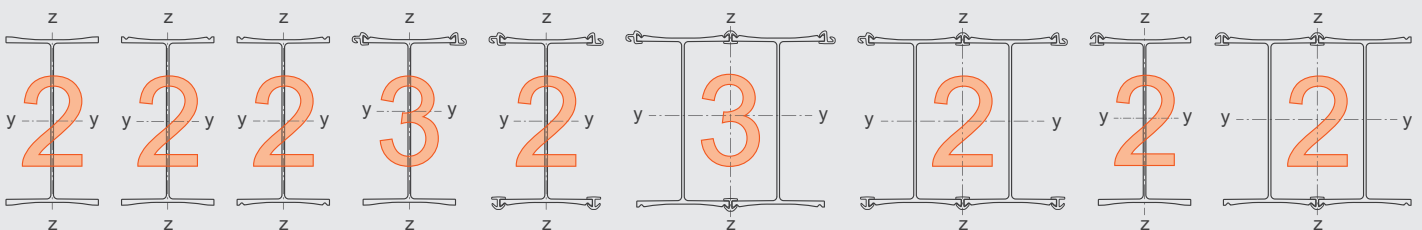
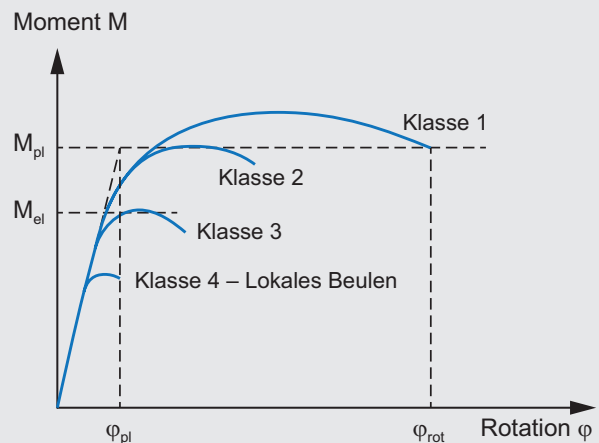


Abb. 9. Vergleich zwischen 4-Punkt-Biegeversuchen und FEM-Simulation.

Aus diesem Grund wurde eine realistische Klassifizierung erstellt, um die tatsächliche Geometrie und die Biegemomentverteilung für das HZ/AZ-System zu berücksichtigen.

Ein Profil der Klasse 2 kann unter Verwendung des plastischen Widerstandsmoments W_{pl} ausgelegt werden, während für ein Profil der Klasse 3 der Statiker nur das elastische Widerstandsmoment W_{el} verwendet. Bei einem Profil der Klasse 4 tritt lokales Knicken auf, bevor die elastische Biegemomentkapazität M_{el} erreicht ist.



Querschnittsklassen von HZ-M-Formen, gültig für den gesamten HZ-M-Bereich mit Nenngeometrien und für Stahlsorten von S 240 GP bis S 460 GP.

Abb. 10. Querschnittsklassen für die HZ-M-Formen.

In Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen wurde eine Versuchsreihe zu „4-Punkt-Biegeversuchen“ (Abbildung 9) durchgeführt, die durch numerische Simulationen unter Verwendung eines von der RWTH entwickelten Finite-Elemente-Modells unterstützt wurde [8].

Die aus dieser Kampagne resultierenden Klassen von HZ-M für den Querschnitt sind in Abbildung 10 zusammengefasst und gelten für den gesamten HZ-M-Bereich und Stahlsorten von S 240 GP bis S 460 GP²⁾.

Aus Sicherheitsgründen können alle Profile als Querschnittsklasse 2 klassifiziert werden, für Stahlsorten von S 240 GP bis S 460 GP, mit Ausnahme der Lösungen 12 und 24 (mit Schlossprofilen am Zugflansch oder Druckflansch), die als Klasse 3 klassifiziert sind.

¹⁾ Bei einer Kombination aus Biegemomenten und erheblichen Druckbelastungen wird die Bemessung des HZ-M-Profiles im Allgemeinen durch die Stegslankheit bestimmt (siehe Formeln in EN 1993), außer im Falle von Korrosion an Flanschen und Steg.

²⁾ Für Spundwandanwendungen können alle HZ 1180M mit Nachweis der Rotationskapazität durch geeignete Berechnungsmethoden in Klasse 1 eingestuft werden. Andernfalls sollte eine Klasse 2 gewählt werden.

Einfluss der Abrostung des Flansches

Die Korrosion und ihr Einfluss auf die Querschnittsklassifizierung wurden untersucht. Es wurde eine parametrisierte Studie [9] mit dem von der RWTH entwickelten Finite-Elemente-Modell durchgeführt, wobei ein Verlust der Stahldicke an einem Flansch (Außenfläche) von bis zu 8 mm berücksichtigt wurde (siehe Abbildung 11).

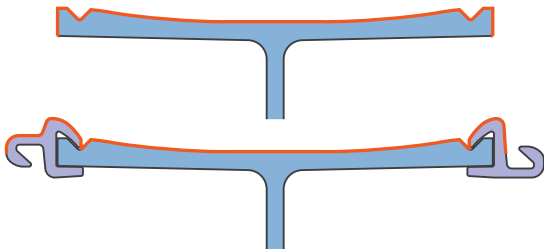


Abb. 11. Korrosionsannahme: Abrostung am Außenflansch.

In dieser numerischen Studie wurde der ungünstigste Fall betrachtet: Die Schlossprofile befinden sich auf dem Zugflansch, und die Flanschkantenreduzierung erfolgt am Druckflansch¹⁾.

Typischerweise tritt Korrosion am mit Schlossprofilen verstärkten Zugflansch auf, und die Querschnittsklasse kann aus der folgenden Tabelle ausgewählt werden.

Querschnitt	Klassifizierung für eine Abrostung 0 - 8 mm
HZ 880M A	3
HZ 880M B	3
HZ 880M C	3
HZ 1080M A	3
HZ 1080M B	3
HZ 1080M C	2
HZ 1080M D	2
HZ 1180M A	2
HZ 1180M B	2
HZ 1180M C	2
HZ 1180M D	2

Querschnittsklassen mit Schlossprofilen und Korrosion am Zugflansch, gültig für alle HZ-M-Formen bis zur Stahlsorte S 460 GP.

Abb. 12. Querschnittsklassen für korrodierte HZ-M-Formen.

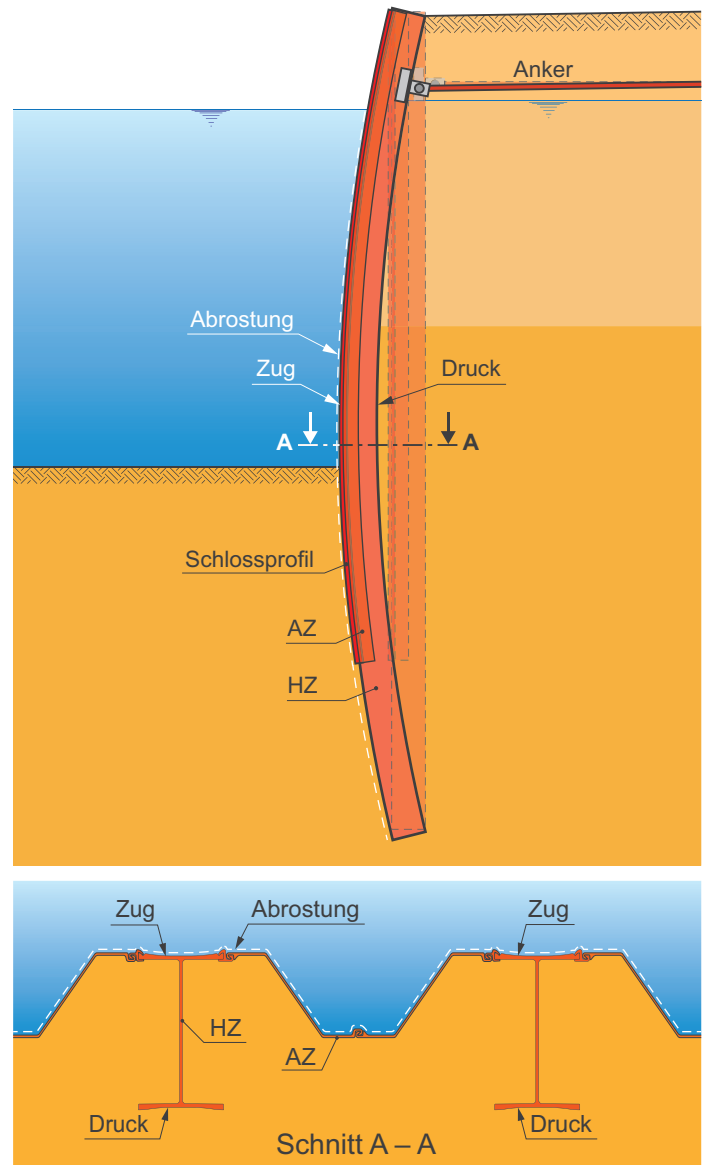


Abb. 13. Übliche Konfiguration eines kombinierten HZ/AZ-Spundwandensystems (typischer Querschnitt).

Allgemeine Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen beider Forschungsprojekte lässt sich die Klassifizierung der Querschnitte für die HZ-M Tragbohle bei reiner Biegung wie folgt zusammenfassen:

- **Ohne Korrosion**

Alle HZ-M Tragbohlen können als Klasse 2 eingestuft werden (mit Ausnahme der Formen 12 und 24: Klasse 3).

- **Mit Korrosion**

Bei den gängigsten Konfigurationen²⁾ ist der Einfluss der Korrosion auf die HZ-M-Klassifizierung sehr begrenzt.

Alle HZ-M-Formen können gemäß der Tabelle und der obigen Skizze (Abbildung 12 und 13) in Klasse 2 oder 3 für bis zu 8 mm Stahlverlust berechnet werden.

Die oben genannten Schlussfolgerungen gelten für die gesamte HZ-M-Reihe von HZ 880M A bis HZ 1180M D und für die Stahlsorten S 240 GP bis S 460 GP. Bitte wenden Sie sich für den HZ 630M an unsere Technische Abteilung.

Anmerkung: Die Klassifizierung der HZ-M Tragbohlen in reine Biegung ist für Tragbohlen zulässig, die einer kombinierten Biegung und Normalkraft ausgesetzt sind, sofern bei der Bemessung der Bauteile keine Wechselwirkung zwischen Biegung und Normalkraft berücksichtigt werden muss (EN 1993-5, 5.2.3). Die Klassifizierung von Tragbohlen, die höheren Normalkräften ausgesetzt sind, kann durch die Klassifizierung des Flansches gemäß den Prüfungen nach HZ-M im reinen Biegemoment und die Klassifizierung des Stegs gemäß EN 1993-1-1 kombiniert werden.

¹⁾ Für alle Untersuchungen wurde „Form 12“ gewählt, da dies die kritischste Konfiguration ist (sicherheitsorientierter Ansatz).

²⁾ Bitte wenden Sie sich an unsere technische Abteilung, falls sich die Schlossprofile auf dem Zugflansch befinden und Korrosion am Druckflansch auftritt.

Bezeichnungen

b	Nennbreite der AZ-Zwischenbohle	$G_{80\%}$	Gewicht einer Kombination bei der die Länge der AZ-Zwischenbohlen 80 % der Länge der HZ-M Tragbohlen entspricht
b_{sys}	Systemnennbreite (HZ/AZ-Kombination)	$G_{100\%}$	Gewicht einer Kombination bei der die Länge der AZ-Zwischenbohlen 100 % der Länge der HZ-M Tragbohlen entspricht
d	Höhe des geraden Stegteils	I_{AZ}	Trägheitsmoment einer AZ-Doppelbohle
e	Exzentrizität	I_{HZ}	Trägheitsmoment einer HZ-M Tragbohle
f_y	Streckgrenze	I_{sys}	Trägheitsmoment eines Systems (HZ/AZ-Kombination)
h_i	Höhe des Profils	$I_{\text{sys}/m}$	Trägheitsmoment der Wand pro Meter Wand
i_y	Trägheitshalbmesser bezogen auf die y-y-Achse. $i_y = \sqrt{I_y/A}$	I_y	Trägheitsmoment bezogen auf die Neutralachse y-y (starke Achse)
$p_{\text{max},k}$	charakteristischer Wert des Wasserdrucks	I_t	Torsionsflächenmoment 2. Grades
p_{Wasser}	Wasserdruck	I_{ω}	Wölbfächenmoment 2. Grades
r	Innenradius des HZ-M-Profiles, zwischen Steg und Flansch	I_z	Trägheitsmoment bezogen auf die neutrale Achse z-z (schwache Achse)
t_f	Dicke des Flansches / Dicke des HZ-M-Flansches in einem Abstand $w/4$ vom Rand	M_{AZ}	auf die AZ-Zwischenbohle übertragenes Biegemoment
t_1	Dicke für Flanschbiegung	M_{HZ}	auf die HZ-M Tragbohle übertragenes Biegemoment
t_2	Flanschdicke am Rand	M_{sys}	maximales Biegemoment pro Meter Wand, basierend auf einer Bemessung
t_3	Flanschdicke in der Nut	N	Vertikallast
t_{max}	maximale Flanschdicke	S_F	globaler Sicherheitsfaktor für Stahl
t_w	Stegdicke	S_y	statisches Moment der HZ-M-Tragbohle
v_1, v_2, u_1	Abstand der neutralen Achse zur äußersten Faser der HZ-M-Flansche	W_{AZ}	Widerstandsmoment einer AZ-Doppelbohle
v_3, v_4, u_2	Abstand der neutralen Achse zur äußersten Faser des Schlossprofils RH/RZ	$W_{el,y}^*$	äquivalentes elastisches Widerstandsmoment der Kombination bezogen auf die Randfaser des HZ-M-Profis
w	Nennbreite der HZ-M-Tragbohle	$W_{el,y}^{**}$	äquivalentes elastisches Widerstandsmoment der Kombination bezogen auf die Randfaser des Schlossprofils RH/RZ
A	Querschnittsfläche	$W_{el,z}$	Elastisches Widerstandsmoment des Elements bezogen auf die neutrale Achse z-z (schwache Achse)
A_v	Schubfläche	$W_{HZ,eq.} = W_{el,y}^*$	
A_{HZ}	Querschnittsfläche der HZ-M-Tragbohle	$W_{pl,y}$	Plastisches Widerstandsmoment des HZ-M-Profis
A_{LS}	Beschichtungsfläche auf der Landseite (Rückseite), ohne Schlossinneres, pro Element- oder Systembreite, pro Längeneinheit	$W_{RH/RZ,eq.} = W_{el,y}^{**}$	
A_{LW}	Beschichtungsfläche auf der Wasserseite (Vorderseite), ohne Schlossinneres, pro Element- oder Systembreite, pro Längeneinheit	σ_{AZ}	Stahlspannungen in den AZ-Zwischenbohlen
G	Gewicht des Elements/der Form (mit Länge RH/RZ = Länge HZ) pro Längeneinheit	σ_{Hz}	Stahlspannungen in der HZ-M Tragbohle
$G_{60\%}$	Gewicht einer Kombination bei der die Länge der AZ-Zwischenbohlen 60 % der Länge der HZ-M Tragbohlen entspricht		

Einbringen vom HZ-M Spundwandensystem

Einbringverfahren

Das HZ-M Spundwandensystem kann auf ähnliche Weise an Land oder vom Wasser aus installiert werden. Das Schlüsselement für eine Einbringung nach dem neuesten Stand der Technik ist die Rammführung. Die Führung kann ein zweistufiger Führungsrahmen oder ein Mäkler sein, der an der Einbringmaschine befestigt ist.

Zunächst wird der Rahmen des Führungsgestells platziert und befestigt, um ein Verrutschen während des Einbringens zu verhindern. Dann werden mehrere HZ-M Tragbohlen in das Führungsgestell eingestellt. Anschließend werden die Tragbohlen in den Boden eingebracht (Abbildung 14 – Schritt 1),

vorzugsweise mit einem Vibrationshammer, wobei das „Pilger-Schritt-Verfahren“ angewendet wird.

Je nach Bodenverhältnissen, Anwendung und Geometrie der endgültigen Struktur, kann ein Nachrammen mit einer ausreichend leistungsstarken Schlagramme erforderlich sein (Abbildung 14 – Schritt 2): Das Einbringen bis zur endgültigen Tiefe wird nach dem Entfernen des Führungsgestells fortgesetzt.

Im Allgemeinen werden die Zwischenbohlen nach dem Einbringen der HZ-M Tragbohlen aufgestellt und eingebracht (Abbildung 14 – Schritt 3).

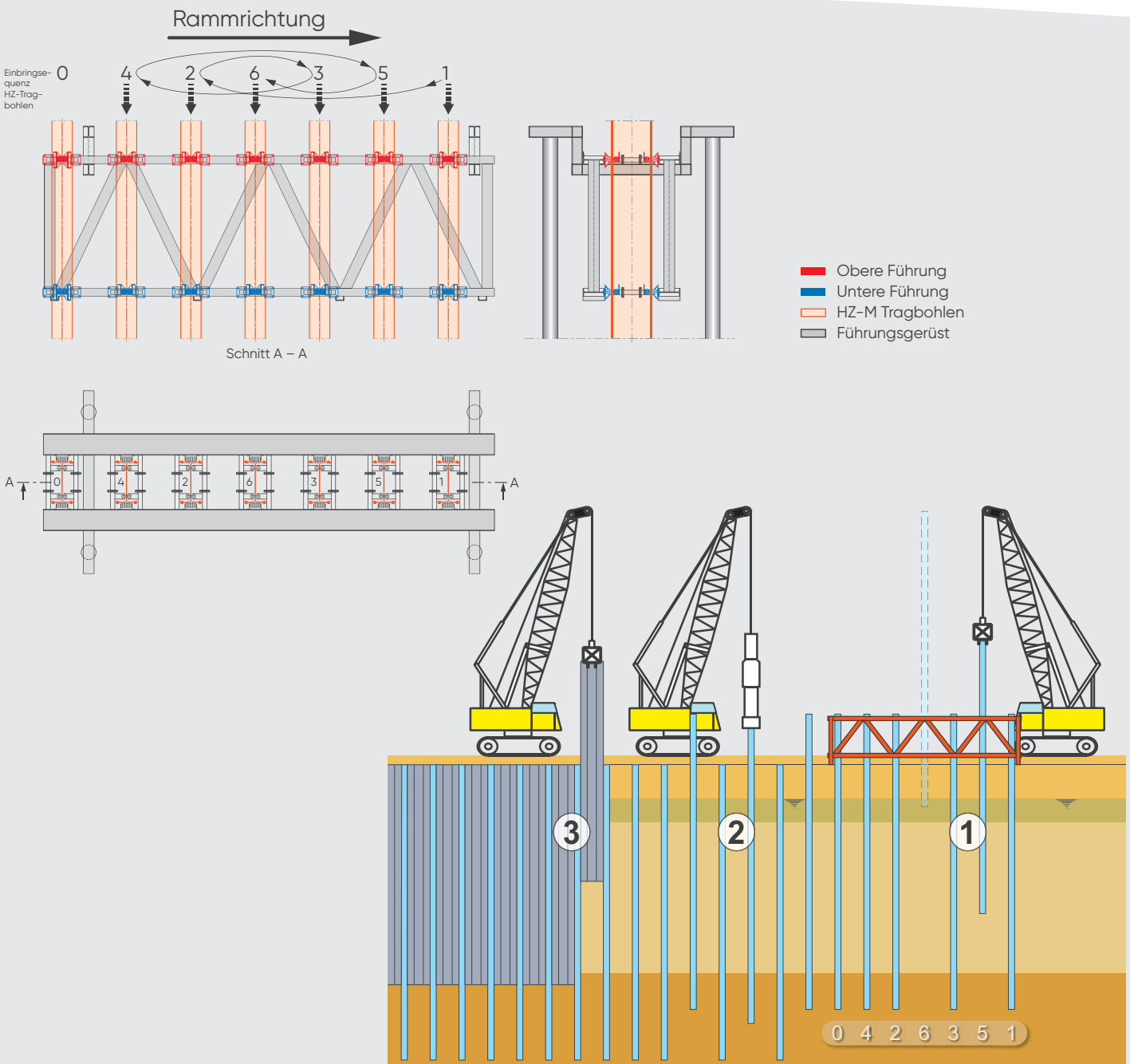


Abb. 14. Einbringverfahren: Führungsgerüst und „Pilger-Schritt-Verfahren“.

Bei schwierigen geotechnischen Bedingungen kann Folgendes erforderlich sein:

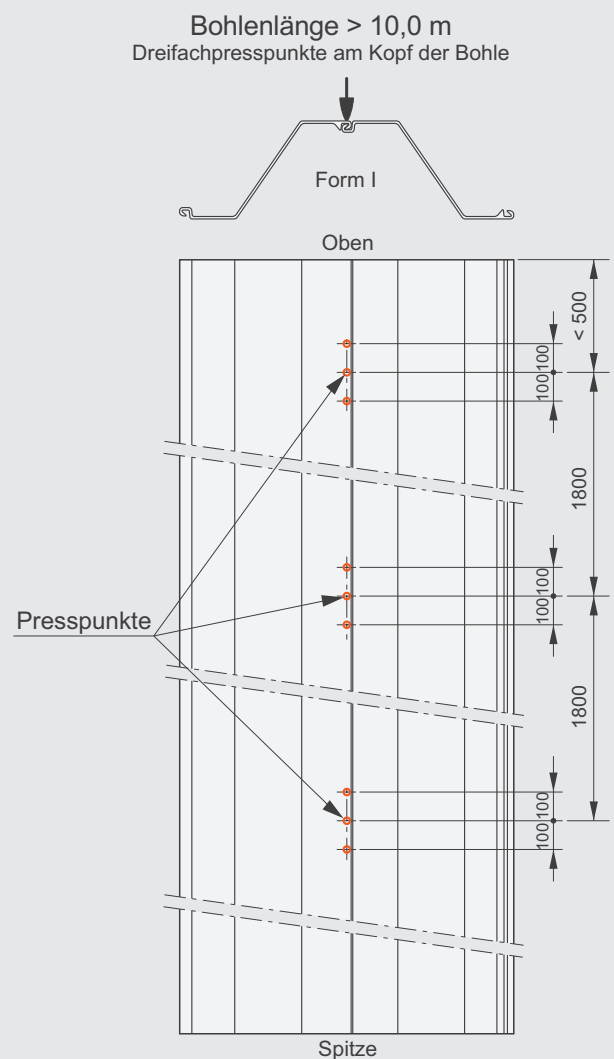
- Stufenweises Einbringen: Einbringen der Tragbohlen mit einem Vibrationshammer bis zum Rammstillstand, anschließend kann eine Schlagramme eingesetzt werden, um die endgültige Einbringtiefe zu erreichen. Die Verwendung einer Schlagramme ermöglicht eine Beurteilung der endgültigen Belastbarkeit.
- Um Beschädigungen der Zwischenbohlen zu vermeiden, kann nach dem Einbringen der HZ-M Tragbohlen eine Vorbohrung in Betracht gezogen werden.
- Falls Erschütterungen der umliegenden Bauwerke vermieden werden sollen, kann die Einstellung der HZ-M Tragbohlen in einen Schlitz in Betracht gezogen werden.

Es wird empfohlen, teilweise verpresste AZ-Doppelspundbohlen zu verwenden: Diese spezielle Verpressung der Schlösser erhöht die Steifigkeit am oberen Ende der Spundbohle und erleichtert den Einbringvorgang (Abbildung 15). Am unteren Ende sind die AZ-Spundbohlen noch „flexibel“ genug, um die Einbringtoleranzen der Tragbohlen auszugleichen. Bei breiten AZ-Doppelbohlen wird die Verwendung von Doppelklemmzangen empfohlen, um die beste Einbringleistung zu erzielen.

Ausführlichere Informationen zur Einbringung von kombinierten Spundwänden finden Sie in Kapitel 8.1.5 der EAU 2020 [3].



Abb. 15. Spezielle Anordnung der Presspunkte für AZ-Zwischenbohlen und Verpressung im Walzwerk.



Einbringmethoden

Es ist unerlässlich, dass die Tragbohlen gemäß dem Einbringplan in der richtigen Position eingebracht werden. Es muss größtmögliche Genauigkeit hinsichtlich der Vertikalität oder der vorgeschriebenen Neigung gewährleistet sein. Hierbei können zwei verschiedene Methoden verwendet werden.

Methode 1: Rammgerüst mit zwei Führungsebenen

Bei dieser Methode wird ein starres Rammgerüst mit zwei Führungsebenen verwendet. Das Rammgerüst hat Öffnungen für die theoretische Position der Tragbohlen (Abbildung 16). Der vertikale Abstand zwischen den beiden Ebenen sollte 25 % der Bohlenlänge betragen, jedoch in keinem Fall weniger als 3 m.

Das Rammgerüst sollte so nah wie möglich am Boden platziert werden. An Land kann das Rammgerüst auf dem Boden aufliegen, sollte jedoch fest gegen Verrutschen gesichert werden. Es ist ratsam, das Rammgerüst auf separaten Pfählen zu stützen. Beim Einbringen im Wasser sollte das Rammgerüst auf zusätzlichen Pfählen knapp über dem Wasserspiegel abgestützt werden.



Abb. 16. Rammgerüste und deren Unterstützung.

Je nach Bemessung bieten Rammgerüste in der Regel Platz für 5 bis 9 Tragbohlen (Abbildung 14). Diese primären Tragbohlen werden mit einem frei hängenden Vibrator oder einer Schlagramme eingebracht, wobei der Vibrator das am häufigsten verwendete Gerät ist. Innerhalb des Rammgerüsts sollte ein geeignetes HZ-M Führungssystem (Abbildung 17) vorgesehen werden, um Beschädigungen an der Beschichtung der Bohlen zu vermeiden (z. B. durch den Einsatz von Führungsrollen).

Nachdem alle Bohlen in einem Rammgerüst eingebracht sind, wird das Rammgerüst entfernt und neu positioniert. Die letzte eingebrachte Bohle dient als Ankerbohle, um die korrekte neue Position des Rammgerüsts zu gewährleisten. Dadurch werden die richtige Ausrichtung und der richtige Abstand zwischen den nächsten eingebrachten Tragbohlen sichergestellt. Die letzte Bohle kann auch als Stützbohle dienen.

Später können die Zwischenbohlen mit demselben Einbringgerät oder von einem zweiten Einbringteam eingebracht werden. Für diesen Vorgang ist kein Rammgerüst erforderlich.

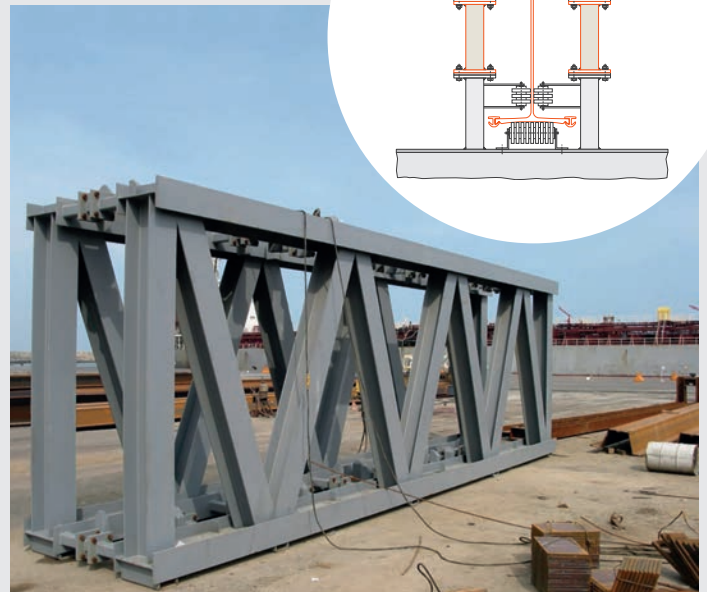
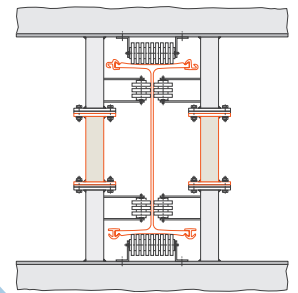


Abb. 17. Rammgerüst und Details der Führung.



Abb. 18. Rammgerüst mit einer einzigen Ebene und Mäklführung.

Methode 2: Mäklergeführte Einbringung

Die Tragbohlen werden mit Hilfe eines Rammgerätes eingebracht, das von einem festen Mäkler geführt wird (Abbildung 18).

Die vorgegebene Vertikalität oder Neigung muss durch den Mäkler und die korrekte Positionierung mittels eines einfachen horizontalen Rammgestells erreicht werden. Bei Rammarbeiten im Wasser wird letzteres oberhalb des Wasserspiegels auf zusätzlichen Pfählen gesichert. In allen anderen Fällen wird es auf dem Rammuntergrund abgesetzt und in seiner Position fixiert.

Unterwassereinbringung

Die Sanierung einer bestehenden Pfahlkonstruktion (Abbildung 19) oder einer Schwergewichtskonstruktion kann mit einer unter Wasser installierten freistehenden oder verankerten Spundwand vor der bestehenden Konstruktion erfolgen. Die Einbringung einer solchen Wand ist komplexer, aber das Verfahren ähnelt den zuvor beschriebenen Einbringverfahren. Es besteht Bedarf an einem Führungssystem und die Einbringsequenz folgt denselben Prinzipien, jedoch müssen die verschiedenen Phasen an die örtlichen Gegebenheiten und Gezeitenunterschiede angepasst werden. Die Einbringgeräte sollten unter Wasser funktionieren, andernfalls kann ein Vibrationshammer mit einer „Rammjungfer“ (Verlängerung) verwendet werden (Abbildung 19).

Zusätzliche Empfehlungen

Es ist wichtig, während des Einbringvorgangs ständig die Position der Tragbohlen und ihre Vertikalität zu überprüfen. Sie sollte so nah wie möglich an der theoretischen Position liegen. Die Zwischenbohlen sollten so bemessen sein, dass sie die Einbringtoleranzen der Tragbohlen und deren Position ohne Beschädigung ausgleichen können. Die Kompensation der Rammtoleranzen kann durch Schlossdrehung (nur bei AZ-Zwischenbohlen), elastische Verformung und plastische Verformung entstehen.

Um eine effiziente und beschädigungsfreie Einbringung von AZ-Zwischenbohlen zu gewährleisten, sollte der Abstand zwischen zwei benachbarten Tragbohlen an jeder Position über der Höhe der Zwischenbohle 200 mm nicht überschreiten und in jedem Fall kleiner sein als die Systembreite der Zwischenbohle. Darüber hinaus sollte die Kompatibilität mit der maximal aufnehmbaren Verdrehung der Schlösser berücksichtigt werden. Die Angaben des Herstellers sind hierbei zu beachten.

Werden die vorgeschriebenen Toleranzen nicht eingehalten, sollten die Tragbohlen gezogen und erneut eingebracht werden oder die Kompatibilität der erzielten Einbringtoleranzen nachgewiesen werden. In besonderen Fällen kann der Auftragnehmer eine Spezialbohle herstellen, die die vorhandene Ungenauigkeit beim Einbringen berücksichtigt. Es ist zu beachten, dass die Einbringtoleranzen einen Einfluss auf die Wasserdruckbeständigkeit der Zwischenbohlen haben können und bei der Bemessung berücksichtigt werden müssen.

Unter bestimmten Bedingungen wird empfohlen, der Auswahl der Zwischenbohlen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an unsere Technische Abteilung.

Im Allgemeinen sollten Toleranzen vor Projektbeginn vereinbart werden.

Die Verfüllung der freien RZ-Schlösser vor der Einbringung mit Bauschaum, Beltan®Plus oder Fett reduziert die Schlossreibung erheblich und erleichtert so das Einbringen. Bei nicht bindigen Böden wird dieses Verfahren dringend empfohlen, da es eine Verdichtung des Bodens innerhalb der Schlösser verhindert.

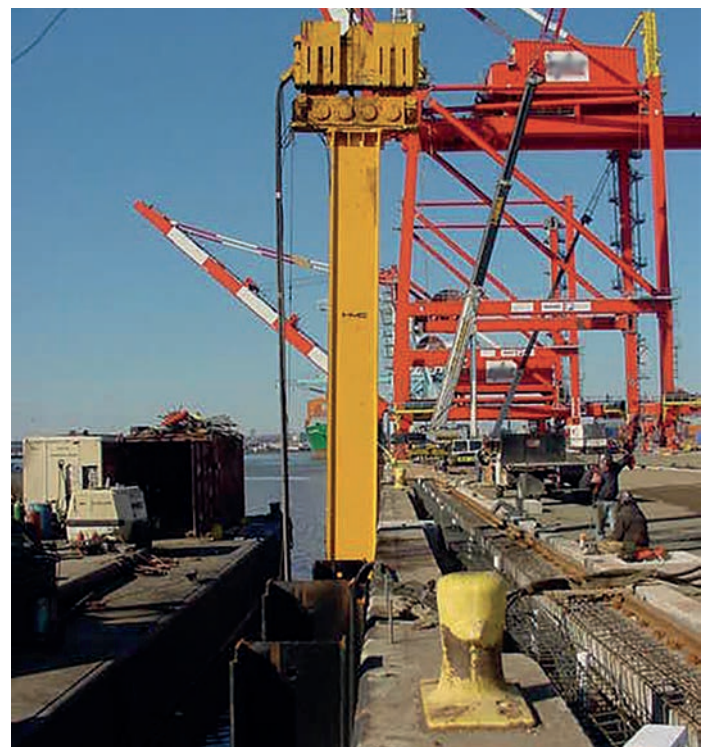
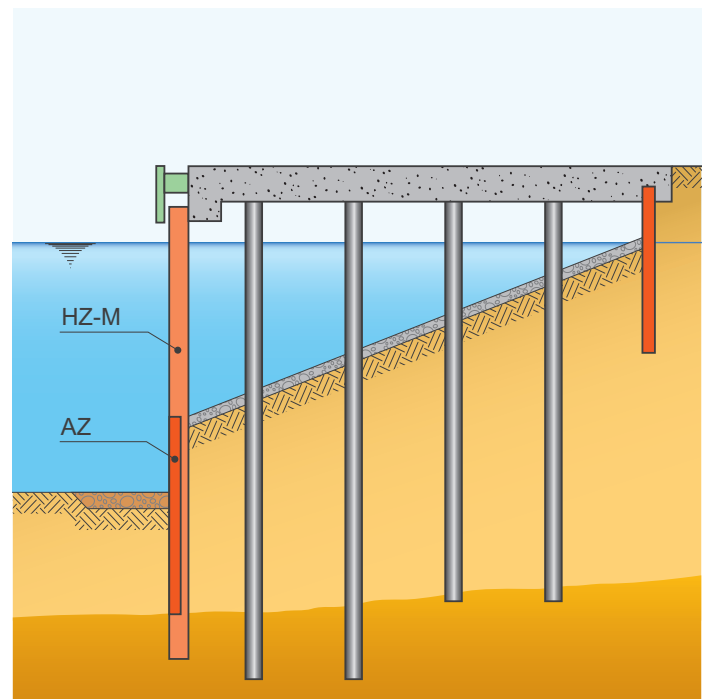


Abb. 19. Einbringen von AZ-Zwischenbohlen unterhalb des Wasserspiegels mit einer sogenannten „Rammjungfer“ auf einem Vibrationshammer.

Einbringgeräte

Modernste Einbringtechnik ermöglicht den Einsatz von Schlag- oder Vibrationsgeräten zum Einbringen von Tragbohlen und Zwischenbohlen. Vibrationsgeräte sollten nach Möglichkeit bevorzugt eingesetzt werden. Für das Einbringen der Tragbohlen kann eine Kombination zweier Verfahren verwendet werden: Die Tragbohlen werden zunächst mit der Vibrationstechnik eingebracht. Die endgültige Tiefe wird mit einem Schlaghammer erreicht, auch um eine erste Beurteilung der Belastbarkeit zu ermöglichen.

Zwischenbohlen werden in der Regel mit Vibrationshämmern eingebracht. Vibrationshämmer sollten mit geeigneten Klemmzangen ausgestattet sein, um eine korrekte Energieübertragung auf die Bohle während des Einbringvorgangs zu gewährleisten. Es wird empfohlen für HZ-M Tragbohlen Doppelklemmzangen zu verwenden. Für AZ-Zwischenbohlen können Einzel- oder Doppelklemmzangen in Betracht gezogen werden (Abbildung 20). Es ist ratsam einen Vibrator mit ausreichender Leistungsreserve zu wählen, um eine gute Rammgeschwindigkeit und Eindringtiefe zu gewährleisten und eine Beschädigung der Schösser durch Überhitzung zu vermeiden. Vibrationshämmer mit variablem Moment sind vorzuziehen. Verschiedene Arten von Schlaghämmern beinhalten Freifallhämmer, Dieselbären und Hydraulikhämmer.

Bei Freifallhämmern oder Dieselbären muss eine Rammhaube verwendet werden (Abbildung 21). Bei einem Hydraulikhammer kann der Hersteller spezielle Einbringplatten liefern, die zur Geometrie des Pfahlkopfes passen. Beachten Sie, dass Schlaghämmer leistungsstark genug sein sollten, um lokale Verformungen der Pfahlköpfe zu vermeiden.

Position des Profils 880M / 1080M / 1180M als Form 26

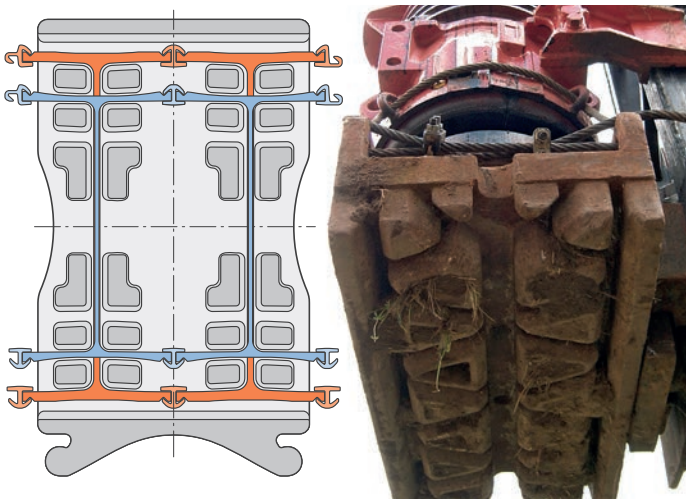


Abb. 21. Schlaghammer-Rammhaube.

Spundwandprofile und zugehörige Rammhauben

Anordnung Rammhauben	Einzelbohle	Doppelbohle
	HS 8-11	HD 6-11
HZ[®]-M-Profil		
HZ 630M	✓ ¹⁾	✓ ¹⁾
HZ 880M	✓	✓
HZ 1080M	✓	✓
HZ 1180M	✓	✓

¹⁾ Auf Anfrage.

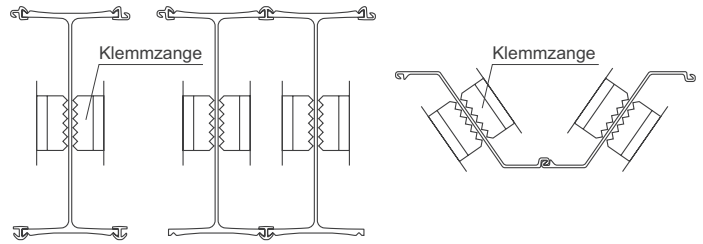


Abb. 20. Doppelklemmzangen für einen Vibrationshammer.

Wenn das Einbringen der Zwischenbohlen keine Fortschritte zeigt, unmöglich ist oder nur mit übermäßigem Rammenergieaufwand erreicht werden kann, wird Folgendes empfohlen:

- Überprüfen Sie den Boden auf Hindernisse. Dies kann beispielsweise durch Herausziehen der Zwischenbohle und erneutes Einbringen außerhalb der Schösser erfolgen.
- Überprüfen Sie, ob der Abstand und die Positionierung der Tragbohlen korrekt sind. Dies kann beispielsweise mit Hilfe eines Neigungsmessers erfolgen. Ein Rohr mit dem gleichen Durchmesser wie der Neigungsmesser wird mit einem entsprechenden Schlossprofil versehen und auf die Schösser am hinteren Flansch der Tragbohle aufgesteckt. Die vom Neigungsmesser durchgeführten Messungen liefern Informationen über die tatsächliche Position der Tragbohle in den entsprechenden Tiefen. Falls der Abstand zwischen den Tragbohlen nicht den Anforderungen hinsichtlich der Einbringtoleranzen entspricht, müssen die Tragbohlen herausgezogen und erneut eingebracht werden.

Es wird dringend empfohlen, das Erzwingen des Einrammens einer Zwischenbohle zu vermeiden, da dies zu Schäden am Schloss führen kann.

Abmessungen relevanter Rammhaubenführungen	Bezeichnung	Zugehörige Rammhauben
	500/90	HS 8-11
	700/90	HD 6-11

Rammhilfen

Wenn aufgrund ungünstiger geotechnischer Bedingungen mit Schwierigkeiten beim Einbringen zu rechnen ist, können zusätzliche Techniken dazu beitragen, den Einbringvorgang zu vereinfachen:

- Spülverfahren: hauptsächlich in kompakten körnigen oder leicht bindigen Böden
- Vorbohren
- Verstärkung des Pfahlfußes
- Sprengen
- Einstellen in Schlitz.

Spülverfahren in kompaktem körnigem oder leicht bindigem Boden

An den Zwischenbohlen angebrachte Wasserstrahlrohre könnten das Einbringen erleichtern. Ein Druck von etwa 10 bis 20 bar führt zu guten Ergebnissen, da die Reibung entlang der Spundwandoberfläche minimiert und der Widerstand am Fuß verringert wird. Die Einbringzeit, die erforderliche Rammenergie und die Vibrationen werden drastisch reduziert.

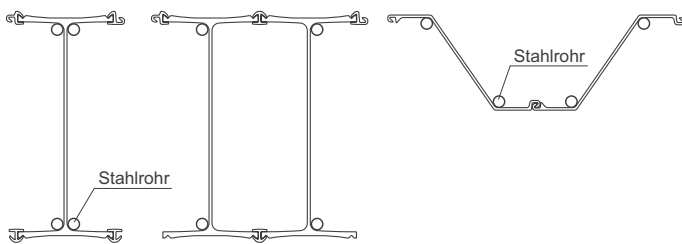


Abb. 22. Spülverfahren.

Vorbohren/Schneckenbohrung

Vorbohren oder Schneckenbohrung werden häufig eingesetzt, wenn Spundwände in kompakten Sand oder festen Lehm eingebracht werden sollen. Ziel ist es, den Boden aufzulockern. In manchen Fällen kann sogar ein Bodenaustausch vorgesehen werden, damit das Einbringen mit Standard-Rammgeräten durchgeführt werden kann.

Vorbohren kann auch angewandt werden, wenn die kombinierte Spundwand Gesteinsschichten durchdringen muss. In diesem Fall werden nur die HZ-M Tragbohlen in den gebohrten Raum in der Bodenschicht eingebracht (Abbildung 23).

Im Allgemeinen wird nur für die Zwischenbohlen vorgebohrt. Der Bohrdurchmesser kann im Bereich von 30 % bis 40 % der Spundwandbreite gewählt werden.

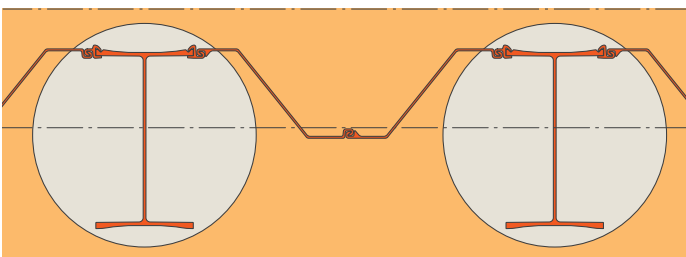


Abb. 23. Vorbohren/Schneckenbohrung für HZ-M Tragbohlen.





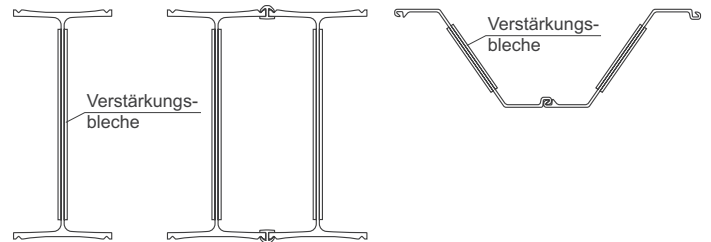
Abb. 24. Verstärkung der Pfahlspitze mit Stahlblechen/Pfahlschuhen, die an den Tragbohlenfuß geschweißt werden.

Verstärkung des Pfahlfußes

Bohlen können durch das Anschweißen von Stahlplatten an der Spitze der Bohle verstärkt werden. Dies wird vorwiegend bei bindigen Böden eingesetzt, um die Mantelreibung zu verringern (Abbildung 24).

Alternativ kann der gesamte Fuß der Bohle mit speziellen Gusselementen ausgestattet werden, die auch als „Spitzen“ oder „Pfahlschuhe“ bezeichnet werden. Dadurch kann die Bohle ohne Schäden bis zu einigen Metern tief in das Gestein eindringen (z. B. in Sandstein oder Tonstein).

Bei den HZ-M Tragbohlen kann ein spezieller Schnitt (Sichelschnitt) des Pfahlfußes vorgesehen werden, um die Rammenergie am Pfahlfuß zu konzentrieren und die harten Bodenschichten zu durchschneiden (Abbildung 24). Bei AZ-Bohlen können einfache Verstärkungsbleche ausreichend sein.



Felsverankerung / Fußverankerung in einer Gesteinsschicht

Wenn die Gesteinsschicht höher ist als die erforderliche Einspanntiefe der kombinierten Spundwand, kann die Unterseite der Wand durch Verdübelung der Tragbohle mit dem darunterliegenden Gestein gesichert werden (Fußanker, siehe Abbildung 25). Weitere Informationen finden Sie in der entsprechenden Broschüre.

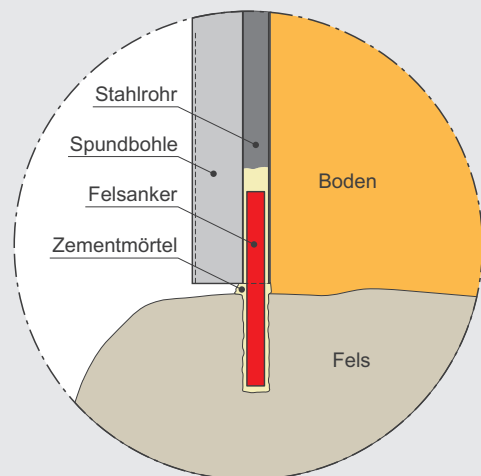


Abb. 25. Konzept eines Felsankers.

HZ[®]-M spezifische Rückverankerung

Die Verankerung eines kombinierten HZ/AZ-Spundwandsystems kann einfach und effizient sein: ein Anker verbindet jede HZ-M Einzelbohle oder jede HZ-M Doppelbohle mit einer Stahlspundwand oder einzelnen Spundwandtafel, was eine besonders wirtschaftliche Lösung darstellt.

Da jede Tragbohle verankert ist, kann auf eine Gurtung verzichtet werden. Der Anker ist einfach über zwei T-Verbindern und einen Bolzen mit der HZ-M-Bohle verbunden. T-Verbindern werden nach dem Einbringen durch Schlitzte geführt, die vor Ort in den hinteren Flansch der HZ-M-Tragbohle geschnitten werden. Die Lasten werden dabei nahe am Steg eingeleitet.

HZ-M Profile können auf Anfrage mit vorgeschrittenen Ankerschlitzten geliefert werden, obwohl dies nicht die beste Vorgehensweise ist, da es aufgrund von Einbringtoleranzen schwierig ist, die exakte Höhe der Schlitzte zu erreichen. Die Abbildung unten zeigt die Schlitzte, die in die HZ-M Tragbohle geschnitten werden. Die Abmessungen „h“ und „b“ variieren je nach Durchmesser des Ankers.

Eine Alternative ist die herkömmliche Verankerung mit einer Gurtung. Das HZ-M System kann auch mit Stahl-HP-Pfählen oder mit Verpressankern verankert werden.

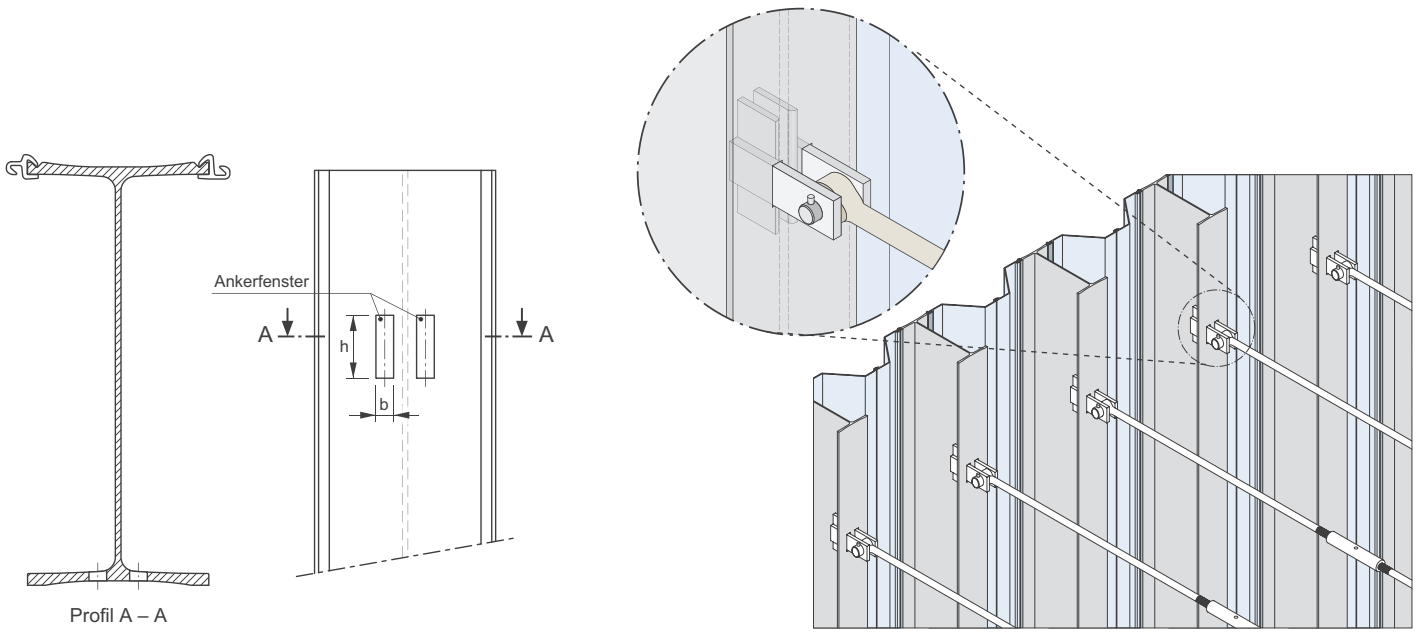


Abb. 26. Spezielle Ankerverbindung mit T-Verbindern für HZ-M Tragbohlen.



Abb. 27. Einbringen der T-Verbindern auf der Baustelle.



Abb. 28. Herkömmliche Verankerungslösung mit Anker, Gurtung,...

Referenzen

- [1] EN 1993-5: Eurocode 3. Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 5: Pfähle und Spundwände. CEN.
- [2] EN 1997-1: Eurocode 7. Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln. CEN.
- [3] EAU 2020. Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen. Ernst und Sohn.
- [4] EN 10248-1: 2023 – Warmgewalzte Spundbohlen aus Stahl – Teil 1: Technische Lieferbedingungen. CEN.
- [5] EN 10248-2: 2024 – Warmgewalzte Spundbohlen aus Stahl – Teil 2: Grenzabmaße und Formtoleranzen. CEN.
- [6] EN 1990: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung. CEN.
- [7] EN 1993-1-5: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile.
- [8] Querschnittsklassifizierung der ArcelorMittal HZ-Reihe. RWTH Aachen. 2012.
- [9] Querschnittsklassifizierung unter Berücksichtigung der Korrosion der ArcelorMittal HZ-M-Reihe. RWTH Aachen. 2012.
- [10] Ulrike Kuhlmann und Adrian Just, Abschlussbericht – Gutachten – Kombinierte HZ-M/AZ-Spundwände unter Wasserdruckbelastung. Bewertung zusätzlicher Tests und statistische Neubewertung der charakteristischen Widerstandswerte, Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen, Universität Stuttgart, Deutschland, März 2019.
- [11] Ulrike Kuhlmann und Alexander Enders, Abschlussbericht – Untersuchungen zu kombinierten Spundwänden (HZ/AZ-System) unter Wasserdruckbelastung. Testrückrechnung von experimentellen Untersuchungen mit fünf AZ/HZ-Kombinationen in umgekehrter Aufstellungsposition (b), Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen, Universität Stuttgart, Deutschland, Mai 2019.
- [12] U. Kuhlmann, J. Grabe, B. Froschmeier, C. Schallück, A. Just: Entwicklung von effizienten Dimensionierungsgrundlagen für die Tragbohlen von kombinierten Stahlspundwänden. Forschung für die Praxis P 813. Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA), Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 2012.

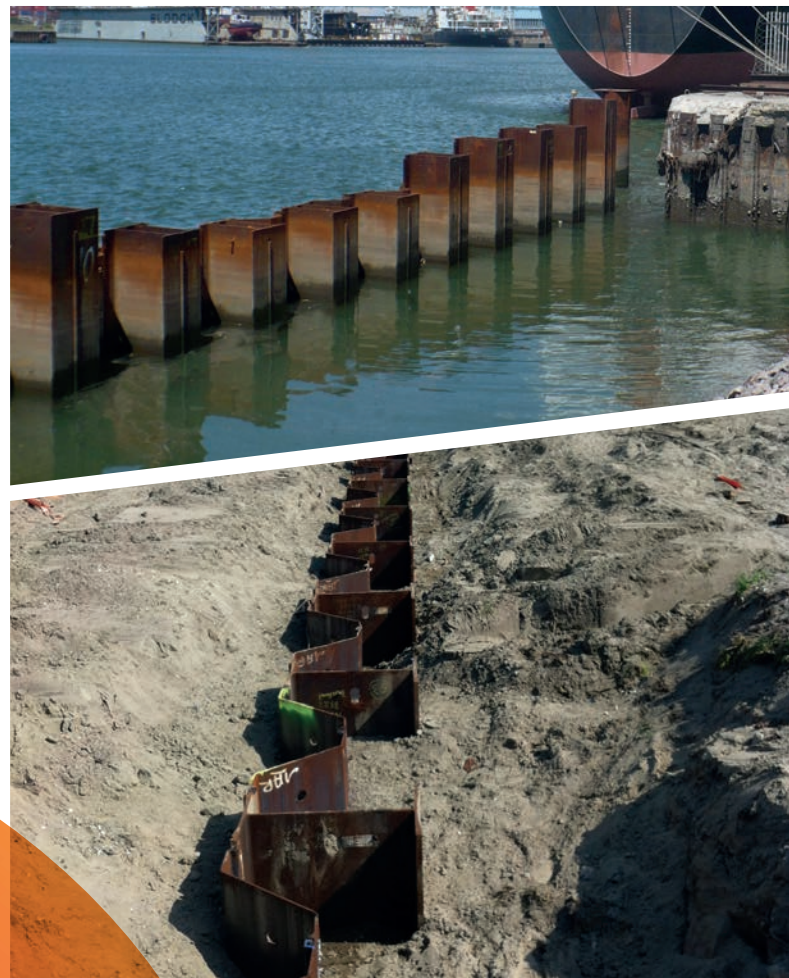
Anmerkungen:

Die Nennweite einer Kombination b_{sys} wurde auf einen Mittelwert gerundet, der für den gesamten Bereich einer Kombination gültig ist. Bei der Bestimmung der Profileigenschaften wurde jedoch die Nennweite der „Form“ berücksichtigt. Für das Einbringen sollte die nominale Systembreite der Kombination „ b_{sys} “ verwendet werden.

Alle Daten in den Tabellen dieses Katalogs wurden mit einer CAD-Software ermittelt. Die Hauptprofilwerte wurden gerundet. Profilwerte, die auf andere Weise bestimmt werden, können geringfügig abweichen.

Gewichte der HZ/AZ-Kombinationen: $G_{60\%}$, $G_{80\%}$ & $G_{100\%}$ unter der Annahme, dass die Länge der Schlossprofile RZD/RZU und RH am hinteren Flansch (Form 14 und Form 26) der Länge der AZ-Zwischenbohlen entsprechen. Die RH, die zwei HZ-M Tragbohlen verbinden (Form 24 und Form 26) haben die gleiche Länge wie die HZ-M Tragbohlen.

Die Rundung des Gewichts einzelner Elemente des kombinierten Systems führt in einigen Fällen zu geringfügigen Abweichungen im Gewicht der Kombinationen/Formen.



Anhang 1: Bemessungsbeispiel gemäß EN 1993-5

Einleitung

Für die Länder, die sich am Eurocode beteiligen, muss die kombinierte Spundwand gemäß EN 1993-5, Absatz 5.5, überprüft werden. EN 1993-5 basiert, wie alle Normen der Reihe 1993, auf EN 1993-1-1. Daher müssen auch die Stabilitätsnachweise für die HZ-M Tragbohle als Teil der kombinierten Spundwand auf EN 1993-1-1 basieren.

Da die Verformung von Stützkonstruktionen auch vom Boden bestimmt wird, würden Stabilitätsnachweise, die ausschließlich auf EN 1993-1-1 basieren, zu unwirtschaftlichen Ergebnissen führen oder im schlimmsten Fall gar nicht möglich sein. Seit der Einführung des Eurocodes wurden daher zahlreiche Forschungsprojekte unternommen, um die Nachweisverfahren für Stützkonstruktionen an das Verformungsverhalten und die Tragfähigkeit von im Boden eingebetteten Profilen anzupassen sowie vereinfachte Verfahren zu veröffentlichen.

Das folgende Bemessungsbeispiel basiert sowohl auf der EN 1993-5 wie auch den Anforderungen der EAU 2020 [3], um den Biegedrillknick-Nachweis zu vermeiden, der bei alleiniger Anwendung der EN 1993-5 erforderlich werden könnte. Es gilt für kombinierte Stahlspundwände mit I-förmigen Tragbohlen, die vollständig mit mindestens mitteldichten, nicht bindigen Böden oder bindigen Böden mit mindestens steifer Konsistenz hinterfüllt sind.

Berücksichtigte Normen und technische Richtlinien

Die Überprüfung erfolgt für den Grenzzustand STR.

Da in diesem Beispiel nur die Stahlspannungs- und Stabilitätsnachweise der kombinierten HZ-M Spundwand dargestellt werden sollen, wird nur der Grenzzustand STR und keine weiteren gemäß Eurocode erforderliche Grenzzustände, untersucht.

Die inneren Kräfte werden für die dauerhafte und vorübergehende Bemessungssituation gemäß EN 1997-1, Nachweisverfahren 2 bestimmt.

$$A1 + M1 + R2$$

mit den Teilsicherheitsbeiwerten gemäß EN 1997-1 Anhang A.3
Tabelle A.3

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

Die Spannungs- und Stabilitätsnachweise werden gemäß EN 1993-5 in Kombination mit EN 1993-1-1 und EN 1993-1-5 ausgeführt

mit den Teilsicherheitsbeiwerten gemäß EN 1993-5 Absatz 5.1.1:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

Querschnitt und Schnittgrößen

Querschnitt

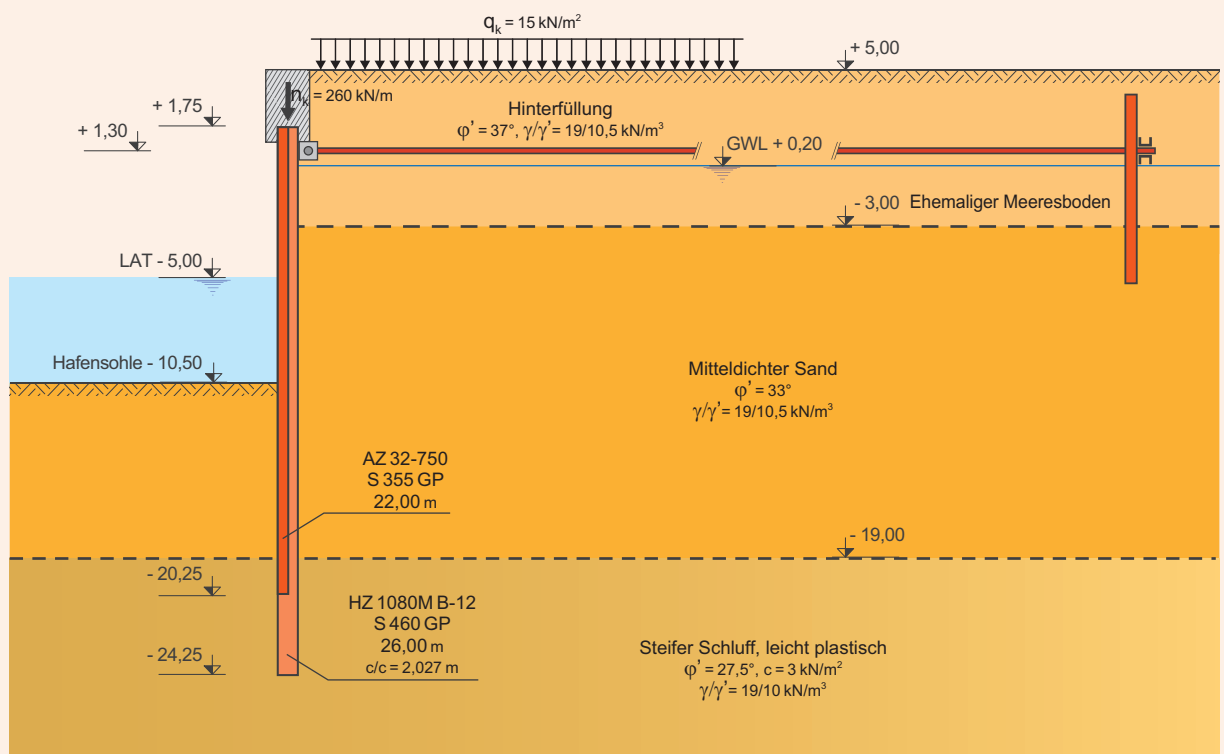


Abb. A1: Querschnitt der Kaimauer.

Ergebnisse der Berechnung

Die charakteristischen Schnittkräfte werden mit der Spezialsoftware RIDO an einem vertikalen, elastisch gebetteten Tragsystem mit Hilfe des Bettungsmoduls berechnet.

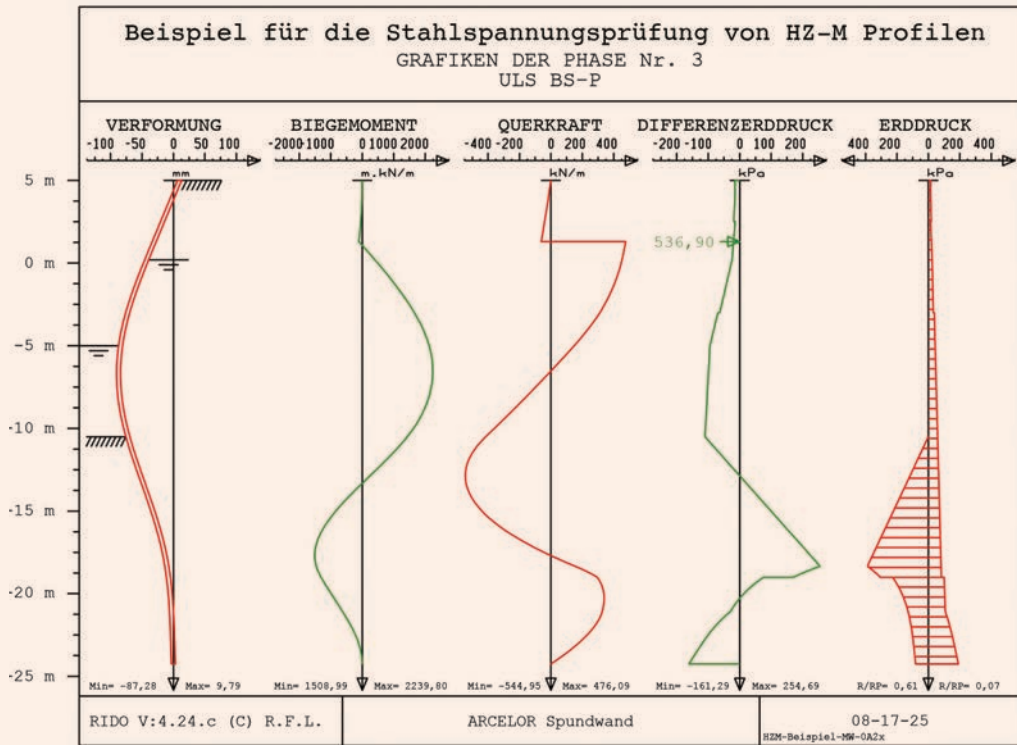


Abb. A2: Schnittkräfte des Querschnitts

Die Überprüfung der Stahlspannung und der Nachweis auf Knicken werden im Grenzzustand STR durchgeführt. Zu diesem Zweck werden die charakteristischen Schnittkräfte (Abbildung A2) mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_G = 1,35$ für ständige Einwirkungen multipliziert.

(Die variable Last q_k wurde bei der Berechnung mit der Software RIDO mit dem Beiwert $1,5/1,35 = 1,11$ multipliziert, um einen Gesamtsicherheitsbeiwert von $\gamma_Q = 1,50$ für variable Einwirkungen zu erhalten, indem die Schnittkräfte aus den Einwirkungen mit $\gamma_G = 1,35$ multipliziert wurden.)

Breite eines Systems: $c/c = 2,027$ m (HZ 1080M B-12/AZ 32-750)

Kote [m]	Biegemoment		Querkraft		Normalkraft	
	Pro Meter Wand $m_{y,Ed}$ [kNm/m]	Pro HZ-M Träger $M_{y,Ed}$ [kNm]	Pro Meter Wand V_{Ed} [kN/m]	Pro HZ-M Träger V_{Ed} [kN]	Pro Meter Wand n_{Ed} [kN/m]	Pro HZ-M Träger N_{Ed} [kN]
					390,00	791
+1,30	-146,34	-297	642,72	1303		
-6,55	3023,73	6129	0	0		
-10,50	1930,80	3914	-560,37	-1136		
-12,89	0	0	-735,68	-1491		
-17,67	-2037,14	-4129	0	0		

Querschnittswerte

Profil:	HZ 1080M B-12/AZ 32-750	S 460 GP/S 355 GP	c/c = 2,027 m
Tragbohle:	HZ 1080M B-12	S 460 GP	→ Form: 12
Streckgrenze:	$f_y = 460 \text{ N/mm}^2$		
(Die erforderlichen Profileigenschaften sind in diesem Katalog angegeben und werden nicht separat aufgeführt.)			
Zwischenbohle:	AZ 32-750	S 355 GP	
Streckgrenze:		$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$	
Höhe des Profils:		$h = 511 \text{ mm}$	
Breite der Doppelbohle:		$2 \cdot b = 1500 \text{ mm}$	
Dicke des Flansches:		$t_f = 14,0 \text{ mm}$	
Dicke des Stegs:		$t_w = 12,0 \text{ mm}$	
Neigung des Stegs:		$\alpha = 58,9^\circ$	

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR)

Allgemeine Überlegungen

Gewölbewirkung im Boden wird berücksichtigt

Gemäß EN 1993-5, Absatz 5.5.2 (2) kann eine Gewölbewirkung im Boden und damit die Umverteilung des Erddrucks auf die steiferen tragenden Elemente, also die HZ-M Tragbohlen, berücksichtigt werden.

Rammimperfektionen werden nicht berücksichtigt.

Gemäß EN 1993-5, Absatz 5.5.1 (4) muss im Voraus vereinbart werden, ob und inwieweit Rammimperfektionen berücksichtigt werden sollen.

Der Biegedrillknick-Nachweis ist nicht erforderlich, da die Tragbohlen der kombinierten Spundwand vollständig in mitteldichtem Sand und in steifem Schluff eingespannt sind.

Gemäß EAU 2020, Absatz 8.2.7 (1), kann der Biegedrillknick-Nachweis für eine kombinierte Spundwand entfallen, die vollständig mit mindestens mitteldichtem, nicht bindigem Boden oder mit bindigem Boden mit mindestens steifer Konsistenz hinterfüllt ist.

Nachweis der Zwischenbohlen

Wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind, müssen gemäß EN 1993-5 5.5.2 (7) Spundwände als Sekundärelemente (= Zwischenbohlen) nicht nachgewiesen werden.

Wanddicke der Spundwand:

$$\min \left\{ \begin{array}{l} t_w \\ t_f \end{array} \right. = t_{\min} \geq 10 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad t_w = 12 \text{ mm} > 10 \text{ mm}$$

ok

Auf die Spundwand wirkende Druckdifferenz:

$$p_k \leq 40 \text{ kN/m}^2 \quad \rightarrow \quad p_k = 52 \text{ kN/m}^2 > 40 \text{ kN/m}^2$$

erfüllt die Anforderungen nicht

Maximaler lichter Abstand zwischen den Tragbohlen:

$$B \leq 1,50 \text{ m} \quad \rightarrow \quad B = 1,50 \text{ m} \leq 1,50 \text{ m}$$

ok

→ Die Überprüfung der Zwischenbohle ist gemäß EN 1993-5 5.5.2 (7) erforderlich.

Lasten

Da die Gewölbewirkung berücksichtigt wird, werden die Zwischenbohlen ausschließlich durch den Wasserdruck belastet.

Wasserdruck auf die Zwischenbohle:

$$\Delta h = 5,20 \text{ m} \quad \rightarrow \quad p_k = 5,2 \cdot 10,0 = 52 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Teilsicherheitsbeiwert: } \gamma_G = 1,35^{-1}$$

Bemessungswasserdruck auf die Zwischenbohle:

$$p_{Ed} = p_k \cdot \gamma_G = 70,2 \text{ kPa}$$

*: Der Teilsicherheitsbeiwert kann durch den nationalen Anhang angegeben werden. Beispielsweise kann in Deutschland ein reduzierter Faktor von $\gamma_{G,red} = 1,20$ (gemäß EAU 2020 Tab. 1.1) in Betracht gezogen werden, wenn die Konstruktion die Anforderungen des Absatzes 8.2.13 der EAU 2020 erfüllt.

Nachweis

Solange eine Gewölbewirkung im Boden angenommen wird und daher nur Wasserdruck auf die Zwischenbohlen wirkt, kann der Nachweis anhand der Tabelle auf Seite 36 dieses Katalogs durchgeführt werden.

Die Tabelle enthält charakteristische Grenzwerte für den maximalen Druck auf die Zwischenbohle in Abhängigkeit vom Spundwandprofil, dem HZ-M Träger und der Stahlgüte.

Wenn keine Gewölbewirkung im Boden angenommen wird, kann die Bemessung gemäß der in EN 1993-5 5.5.2 (3) beschriebenen Methode und gemäß Abbildung 5-9 in diesem Kapitel durchgeführt werden.

Charakteristischer, zulässiger Wert für Wasserdruck:

$$\text{HZ 1080M in S 460 GP mit AZ 32-750 in S 355 GP} \\ \rightarrow p_{max,k} = 90,3 \text{ kN/m}^2 \text{ und } \gamma_{M0} = 1,0$$

$$\text{Druck auf die Zwischenbohle: } p_{Ed} = 70,2 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{Ed} \leq p_{max} / \gamma_{M0} \\ 70,2 \text{ kN/m}^2 \leq 90,3 / 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Nachweis der Tragbohlen

Allgemeine Überlegungen

Die Überprüfung erfolgt gemäß EN 1993-5 Anhang D.1.

Falls der Wasserdruck an der kombinierten Spundwand 50 kN/m² überschreitet, muss die Tragfähigkeit der Tragbohle gemäß EN 1993-5 5.5.4 (2) aufgrund der Wechselwirkung zwischen Biegemomenten, Axialkräften und lokaler Plattenbiegung reduziert werden. Zusätzlich muss die lokale Flanschbiegung überprüft werden. Die vereinfachte Methode gemäß Anhang D.1 ist für diesen Zweck geeignet.

Anhang D.1 verlangt jedoch eine Bemessung nach EN 1993-1-1 6.2.9.2 und 6.2.10, die sich auf elastische Spannungszustände bezieht, sodass die Tragbohle maximal für die Querschnittsklasse 3 nachgewiesen werden kann.

Klassifizierung der HZ-M Tragbohlen gemäß EN 1993-1-1 5.5

Flansch (EN 1993-1-1 Tabelle 5.2, einseitig gestützte, druckbeanspruchte Bleche)

Der Flansch ist ausschließlich Druckbeanspruchungen ausgesetzt.

$$c/t = 189/22,6 = 8,36 < 14 * \epsilon = 10,01 \rightarrow \text{Klasse 3}$$

wobei $c = (w - 2 * r - s) / 2 = (454 - 2 * 30 - 16) / 2 = 189 \text{ mm}$

Da der Querschnitt des Flansches nicht genau mit dem in EN 1993-1-1 Tabelle 5.2 angegebenen Querschnitt übereinstimmt, wird die Querschnittsklasse sicherheitshalber anhand der geringsten Dicke des Flansches bestimmt.

$$t = \min \left\{ \begin{matrix} t_f \\ t_r \end{matrix} \right\} = 22,6 \text{ mm}$$

$$\text{und } \epsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/460} = 0,715$$

Steg (EN 1993-1-1 Tabelle 5.2, beidseitig gestützte, druckbeanspruchte Bleche)

Der Steg unterliegt Druck- und Zugbelastungen.

Das zulässige Verhältnis c/t für die verschiedenen Querschnittsklassen wird in drei Kategorien unterteilt. Die zu wählende Kategorie hängt davon ab, welcher Teil des Stegs unter Druck steht. Für den Fall, dass der Steg keiner reinen Druckbeanspruchung oder reinen Biegebelastung ausgesetzt ist, sodass 50 % der Länge unter Druck stehen, kann der unter Druck stehende Teil mit den folgenden Formeln bestimmt werden. (Die Bestimmung ist ein iterativer Prozess, bei dem die Querschnittsklasse bewertet und anschließend anhand des Verhältnisses c/t überprüft werden muss.)

für Querschnittsklasse 2

$$\alpha = 0,5 + N_{Ed} / (2 * d * t_w * f_y) \quad \text{und} \quad d = c = 945,6 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,5 + 791 / (2 * 945,6 * 16 * 460 / 1000) = 0,56 > 0,50$$

$$c/t \leq \frac{456 * \epsilon}{13 * \alpha - 1}$$

$$945,6/16 \leq \frac{456 * 0,715}{13 * 0,56 - 1}$$

$59,1 > 51,9 \rightarrow$ Querschnittsklasse 3 oder 4

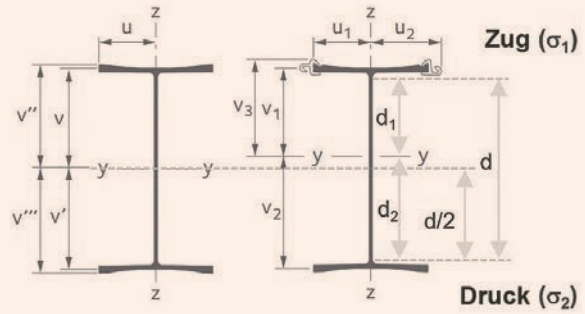


Abb. A3.

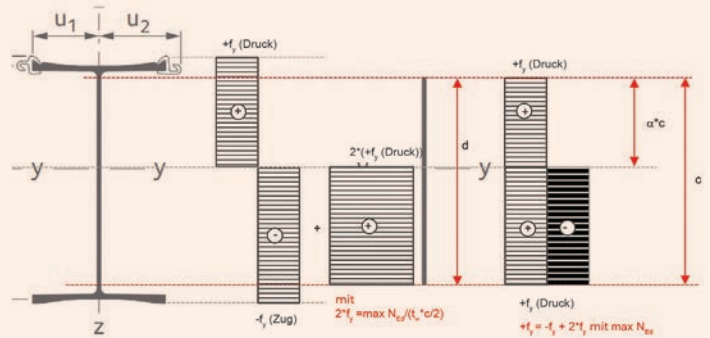


Abb. A4. Plastische Spannungsverteilung (Klasse 2)

für Querschnittsklasse 3

$$\sigma_1 = N_{Ed} / A - M_{y,Ed} / (I_y / d_1) \text{ (Spannung)}$$

$$\sigma_1 = 10 * 791 / 432,8 - 1000 * 6129 / (858610 / 42,76)$$

$$\sigma_1 = -287 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = N_{Ed} / A + M_{y,Ed} / (I_y / d_2) \text{ (Druck)}$$

$$\sigma_2 = 10 * 791 / 432,8 + 1000 * 6129 / (858610 / 51,8)$$

$$\sigma_2 = +388 \text{ N/mm}^2$$

mit $N_{Ed} = 791 \text{ kN}$ (Druck) und $\max M_{y,Ed} = 6129 \text{ kNm}$

und $d_2 = d/2 + (v_2 - v')$ wobei $v' = 526,7 \text{ mm}$ der Lösung 100

$$d_2 = 945,6/2 + (571,9 - 526,7) = 518 \text{ mm}$$

$$d_1 = d - d_2 = 945,6 - 518 = 427,6 \text{ mm}$$

$$\psi = \sigma_1 / \sigma_2 = -287 / (+388) = -0,74 > -1$$

$$c/t \leq \frac{42 * \epsilon}{0,67 + 0,33 * \psi}$$

$$c/t = 945,6/16 = 59 < \frac{42 * 0,715}{0,67 - 0,33 * 0,74} = 71$$

→ Querschnittsklasse 3

Bei HZ-M Tragbohlen, die vorwiegend auf Biegung beansprucht werden, kann die Querschnittsklasse alternativ anhand der Angaben auf den Seiten 37 und 38 dieses Katalogs bestimmt werden. Die angegebenen Querschnittsklassen sind im Allgemeinen günstiger als die nach EN 1993-1-1 festgelegten Klassen. Die Klassifizierung, die durch eine Reihe von Versuchen an der RWTH Aachen ermittelt wurde, bezieht sich jedoch ausschließlich auf „reine“ Biegung. Eine erhebliche vertikale Druckkraft würde den Steg der HZ-M Tragbohle überwiegend auf Druck belasten, was zu einer ungünstigeren Klasse führen würde.

Überprüfung der Tragbohle gemäß EN 1993-1-1 6.2 und EN 1993-5 Anhang D.1.2

Verringerung der Streckgrenze aufgrund von Wasserdruck auf die kombinierte Spundwand gemäß EN 1993-5 D.1.2 (2)

Wasserdruck: $4,0 \text{ m} < h = 5,20 \text{ m} \leq 10 \text{ m}$? Ja

$$4 \text{ m} < h = 5,20 \text{ m} < 10 \text{ m}: f_{y,red} = f_y \left(\frac{16 - \frac{h}{4}}{15} \right)$$

$$f_{y,red} = 460 * \left(\frac{16 - \frac{5,2}{4}}{15} \right) = 450,8 \text{ N/mm}^2$$

Stahlspannungsnachweise der Tragbohle gemäß EN 1993-5 Anhang D.1.2 (2)

Absatz D.1.2 (2) von Anhang D der EN 1993-5 verlangt einen Spannungsnachweis gemäß EN 1993-1-1 6.2.9.2 und 6.2.10 mit der reduzierten Streckgrenze $[f_{y,red}]$, die in D.1.2 (2) bestimmt wurde.

Schubspannungsnachweis nach EN 1993-1-1 6.2.6

Der Schubspannungsnachweis wird gemäß EN 1993-1-1 6.2.6 (5) für ein I-Profil der Klasse 3 durchgeführt.

Zur Sicherheit wird die HZ-M Tragbohle an der Stelle mit der maximalen Querkraft bei Kote -12,89 m überprüft. Wenn eine Spannungsüberlagerung erforderlich ist, sollte die Tragbohle für die kombinierten Schnittgrößen an der Stelle mit der, voraussichtlich, maximalen Spannung überprüft werden.

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{h_w * t_w}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{1491 * 1000}{1005,6 * 16} = 93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{mit } h_w = d + 2 * r = 945,6 + 2 * 30 = 1005,6 \text{ mm}$$

$$t_w = 16 \text{ mm}$$

$$f_y = f_{y,red} = 450,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})} \leq 1,0$$

$$\frac{93}{450,8 / (\sqrt{3} * 1,0)} = 0,36 \leq 1,0$$

Biege- und Normalkraftnachweis gemäß EN 1993-1-1 6.2.9.2

Der Biegespannungsnachweis wird gemäß EN 1993-1-1 6.2.9.2 für einen Querschnitt der Klasse 3 an der Stelle mit dem höchsten Biegemoment bei Kote -6,55 m durchgeführt.

Die Wechselwirkung zwischen Biegung, der damit verbundenen Querkraft und der Normalkraft, die gemäß EN 1993-1-1 6.2.10 zu überprüfen ist, kann vernachlässigt werden, da sich hohe Biegemomente an keinem Punkt des statischen Systems mit hohen Querkraften überschneiden.

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} + \frac{N_{Ed}}{A}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{6129}{15015} * 1000 + \frac{791}{432,8} * 10$$

$$\sigma_{x,Ed} = 427 \text{ MPa}$$

mit $M_{y,Ed} = 6129 \text{ kNm}$ und $N_{Ed} = 791 \text{ kN}$ bei EL. -6,55 m

$$W_{el,y} = 15015 \text{ cm}^3 \quad \text{und} \quad A = 432,8 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_{y,red}}{\gamma_{M0}}$$

$$\rightarrow \sigma_{x,Ed} = 427 \text{ N/mm}^2 \leq 450,8 / 1,0 \text{ N/mm}^2$$



Nachweis der Widerstandsfähigkeit gegen lokale Plattenbiegung im Flansch gemäß EN 1993-5 Anhang D.1.2 (3)

Auflagerkräfte der Zwischenbohlen

Die Auflagerkräfte werden gemäß EN 1993-5 5.5.2 (3) und gemäß Abbildung 5-9 in diesem Kapitel mit einem vereinfachten zweidimensionalen Tragwerksmodell unter Verwendung der RFEM-Software von Dlubal ermittelt.

Die Auflagerkräfte werden über die Schlösser in den Flansch eingeleitet.

Maximaler Druck auf die Zwischenbohle: $p_{Ed} = 70,2 \text{ kN/m}^2$

Tragwerksmodell:

Die Geometrie für das statische System der Zwischenbohle finden Sie im allgemeinen Katalog von ArcelorMittal Spundwand.

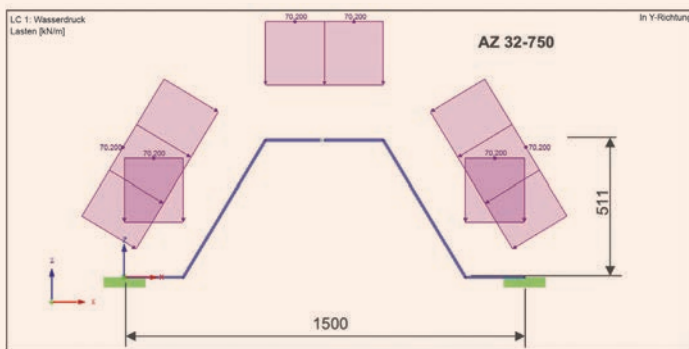


Abb. A5.

Bestimmung der Schnittkräfte, die eine lokale Plattenbiegung hervorrufen

Die Schnittkräfte werden am Anfang der Flanschausrundung unter Verwendung der Formel (D.2) aus EN 1993-5 und Abbildung D.1 aus demselben Kapitel (nachstehend als Abb. A7 wiedergegeben) sowie den berechneten Auflagerkräften bestimmt.

$$M_{Ed} = m_{Ed} + w_{z,Ed} * d$$

$$M_{Ed} = |-8,536| + 52,62 * 0,189 = 18,48 \text{ kNm}$$

mit $d = (w-s)/2 - r$

(Abstand zwischen der Spitze des Flansches und dem Beginn der Ausrundung)

$$d = (454 - 16)/2 - 30 = 189 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = w_{y,Ed} = |-4,0| \text{ kN/m.}$$

Bestimmung der lokalen Plattenbiegetragfähigkeit:

$$M_{Rd} = 0,2875 * t^2 * f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{Rd} = 0,2875 * 23,7^2 * 1000 * 460 / (1,0 * 1000^2) = 74,3 \text{ kNm/m}$$

$$N_{Rd} = t * f_y / \gamma_{M0} \quad \text{wobei } t = t_1 = 23,7 \text{ mm}$$

$$N_{Rd} = 23,7 * 460 * 1000 / (1,0 * 1000) = 10902 \text{ kN/m}$$

Nachweis gemäß der Formel (D.1) der EN-1993-5 Anhang D.1

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} + \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\frac{18,48}{74,3} + \left(\frac{4,0}{10902} \right)^2 = 0,25 \leq 1,0$$

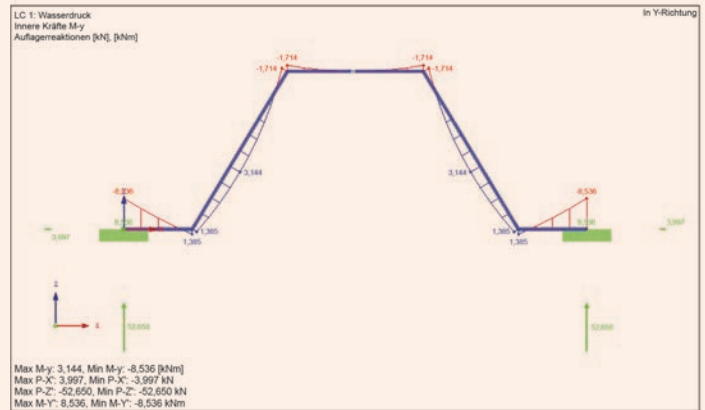


Abb. A6.

Auflagerkräfte:

$$w_{z,Ed} = 52,62 \text{ kN/m}$$

$$w_{y,Ed} = -4,0 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed} = -8,536 \text{ kNm/m}$$

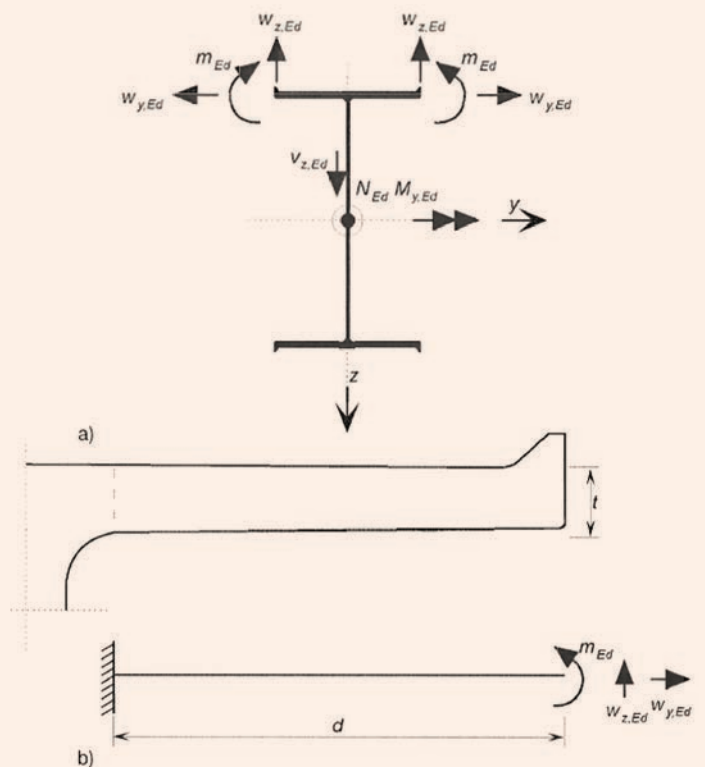


Abb. A7.

Schubbeulnachweis des Stegs gemäß EN 1993-1-5 Absatz 5

Der in EN 1993-5, Absatz D.1.2 (4) für den Steg der HZ-M Tragbohle gemäß EN 1993-1-5 geforderte Schubbeulnachweis basiert auf derselben Methode wie der Schubbeulnachweis gemäß EN 1993-1-3, der Methode der reduzierten Spannung. Im Steg der HZ-M Tragbohle ist der Prozentsatz der Verringerung der aufnehmbaren Querkraft bis zu einer Schlankheit von $\bar{\lambda}_w = 1,4$ für HZ-M Träger, die am Auflager versteift oder unversteift sind, sowie für Träger, die gemäß EN 1993-1-5 oder EN 1993-1-3 nachgewiesen sind, gleich. Allerdings verlangt EN 1993-1-5, Absatz 5.1 (2) Aussteifungsbleche am Auflager, wenn ein Schubbeulnachweis erforderlich ist.

Da EN 1993-1-3 für dieselbe Methode keine Aussteifungsbleche vorschreibt, ist es bei einem Steg mit derselben Schlankheit vertretbar auch für einen nach EN 1993-1-5 nachgewiesenen Steg keine Aussteifungsbleche anzubringen.

Die neue Generation des Eurocodes hat sich mit diesem Thema befasst. Gemäß prEN 1993-5 sind Aussteifungen am Auflager nicht erforderlich für eine Stegslankheit von $\bar{\lambda}_w < 1,4$ in Kombination mit dem Faktor $\eta = 1,0$.

Überprüfung gemäß EN 1993-1-5 Absatz 5.1 (2)

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 72 \frac{\epsilon}{\eta}$$

$$\text{mit } h_w = d + 2 \cdot r = 945,6 + 2 \cdot 30 = 1005,6 \text{ mm}$$

$$t_w = s = 16 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,00$$

(Gemäß einigen Nationalen Anhängen der EN 1993-1-5 könnte auch $\eta = 1,20$ verwendet werden. Da in diesem Beispiel die Aussteifungen am Auflager weggelassen werden, wird der ungünstigere Wert für den Nachweis verwendet: $\eta = 1,00$.)

$$\epsilon = 0,715$$

$$\frac{1005,6}{16} = 62,85 > 72 \frac{0,715}{1,0} = 51,48$$

→ Der Nachweis gegen Schubbeulen für unausgesteifte Stegbleche ist gemäß EN 1993-1-5 zu führen.

Bemessungswert der Beanspruchbarkeit $V_{b,Rd}$ unter Berücksichtigung des Schubbeulens gemäß EN 1993-1-5 5.2 (1)

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MI}}$$

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft unter Berücksichtigung des Schubbeulens umfasst die aufnehmbare Querkraft des Stegs [$V_{bw,Rd}$] und des Flansches [$V_{bf,Rd}$].

Da die aufnehmbare Querkraft des Stegs für typische kombinierte Spundwände mit HZ-M Tragbohlen ausreichend ist, wird in diesem Beispiel nur der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft für den Steg bestimmt.

Beitrag des Stegs zum Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft unter Berücksichtigung des Schubbeulens gemäß EN 1993-1-5 5.2 (1) Formel (5.2)

$$V_{bw,Rd} = \frac{x_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MI}}$$

mit der modifizierten Schlankheit gemäß EN 1993-1-5 5.3 (3) a) Formel (5.5)

$$\bar{\lambda}_w = h_w / (86,4 \cdot t \cdot \epsilon)$$

$$\bar{\lambda}_w = 1005,6 / (86,4 \cdot 16 \cdot 0,715) = 1,02 < 1,40$$

Da die Formel (5.5) der EN 1993-1-5 für einen Träger mit Auflagersteifen dieselbe modifizierte Schlankheit ergibt wie die allgemeine Formel (5.3) mit einer kritischen Knickbeanspruchung $\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E$ gemäß EN 1993-1-5 Anhang A und einer unbegrenzten Trägerlänge [a] in Bezug auf eine kurze Steghöhe [h_w], d. h. der Fall, der auch in EN 1993-1-3 gelten würde, wird die modifizierte Schlankheit hier trotz fehlender Auflagersteifen mit Formel (5.5) bestimmt.

Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Schubbeulens im Steg [χ_w] gemäß Tabelle 5.1 der EN 1993-1-5:

$$0,83/\eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$$

$$0,83/\eta = 0,83/1,00 = 0,83 < 1,02 < 1,08 \rightarrow \chi_w = 0,83/\bar{\lambda}_w$$

$$\chi_w = 0,83/1,02 = \mathbf{0,81}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{0,81 \cdot 460 \cdot 1005,6 \cdot 16}{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot 1000} = 3147 \text{ kN}$$

und:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{MI}}$$

$$V_{b,Rd} = 3147 + V_{bf,Rd} \leq \frac{1,0 \cdot 460 \cdot 1005,6 \cdot 16}{\sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 1,1} = 3885 \text{ kN}$$

Maximale Querkraft bei Kote -12,89 m: $V_{Ed} = 1491 \text{ kN}$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{1491}{3147} = \mathbf{0,47} < \mathbf{0,5}$$

→ Die Interaktion zwischen Biegemoment, Querkraft und Normalkraft kann vernachlässigt werden.

Stabilitätsnachweise gemäß EN 1993-1-1 6.3.3

EN 1993-5 D.1.2 (5) verlangt einen Knicknachweis für das Geamtsystem gemäß EN 1993-1-1 6.3.3. Die Gleichungen (6.61) und (6.62) in Absatz 6.3.3 der EN 1993-1-1 umfassen sowohl den Biegedrillknicknachweis mit dem Reduktionsfaktor [χ_{LT}] wie auch die Biegeknicknachweise um die Haupt- und Nebenachse des HZ-M Trägers mit den Reduktionsfaktoren [χ_y] und [χ_z].

Da in diesem Beispiel die HZ-M Tragbohle vollständig in mitteldichtem Sand und von Kote -19 m bis zum Fuß, in steifem, bindigem Boden eingespannt ist, kann der Biegedrillknicknachweis gemäß EAU 2020 8.2.7 (1) entfallen. Daher wird der Reduktionsfaktor [χ_{LT}] in den Gleichungen (6.61) und (6.62) auf 1,0 gesetzt.

Ebenso kann es, wegen den zuvor genannten Bodenverhältnissen, nicht zu einem Knicken um die schwache Achse kommen. Daher wird der Term in den Gleichungen (6.61) und (6.62), der sich auf die Biegung und das Knicken um die schwache Achse bezieht, weggelassen.

Knicklänge gemäß EN 1993-5 Anhang D.1.1 (2) und EN 1993-5 5.2.3 (5)

$$L_{cr} = 0,70 * l \quad \text{mit } l = +1,30 + |-24,25| = 25,55 \text{ m}$$

$$L_{cr} = 0,70 * 25,55 = 17,89 \text{ m}$$

In der Literatur gibt es zahlreiche Methoden zur Bestimmung der Knicklängen, wie beispielsweise die von Ulrike Kuhlmann, Bernadette Leitz, Adrian Just, Jürgen Grabe und Christoph Schallück an der Universität Stuttgart entwickelte Methode, die in dem Artikel „Vereinfachte Kriterien und wirtschaftliche Bemessung für Tragbohlen in kombinierten Stahlspundwänden nach EN 1993, Teil 1-1“ vorgestellt wird. Verlag Ernst & Sohn, Berlin – Stahlbau 8 (2015), Nr. 2. Häufig tragen diese Methoden dazu bei, kürzere Knicklängen zu erzielen.

Abminderungsbeiwert für Biegeknicken gemäß EN 1993-1-1 6.3.1.2

$$\bar{\lambda} = \sqrt{A * f_y / N_{cr}} = \sqrt{432,8 * 46 / 55602} = 0,60 > 0,20$$

mit der idealen Verzweigungslast für das Knicken um die starke Achse (= y-y-Achse):

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr}^2}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * 2,1 * 10^4 * 858610}{1789^2} = 55602 \text{ kN}$$

weil: $\bar{\lambda} > 0,20$:

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,20) + \bar{\lambda}^2]$$

mit $h/b = h/w = 1075,3/454 = 2,37 > 1,2$

und $t_f = t_{max} = 29 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$

und S 460 GP = S 460

und Knicken um die starke Achse (y-y)

→ Knicklinie: $\alpha_0 \rightarrow \alpha = 0,13$

$$\phi = 0,5 * [1 + 0,13 * (0,60 - 0,20) + 0,60^2] = 0,71$$

$$\chi_y = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}) = 1 / (0,71 + \sqrt{0,71^2 - 0,60^2}) = 0,92$$

Stabilitätsnachweis, EN 1993-1-1 6.3.3

Der Stabilitätsnachweis wird gemäß EN 1993-1-1 6.3.3 (4), Formeln (6.61) und (6.62) ohne Biegedrillknicken durchgeführt, daher mit $\chi_{LT} = 1,0$ und ohne Knicken um die schwache Achse.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1,0$$

mit $\gamma_{M1} = 1,10$ und $\chi_z = 1,0$ und $\chi_{LT} = 1,0$

und den Interaktionsbeiwerten k_{yy} und k_{zy} gemäß EN 1993-1-1, Anhang B, Tabelle B.1 für elastische Querschnittswerte, mit dem äquivalenten Momentenbeiwert gemäß EN 1993-5 Anhang B, Tabelle B3

$$|M_h| = |-4129| \text{ kNm/m} < |M_s| = 6129 \text{ kNm/m}$$

$$\alpha_h = M_h / M_s = -4129 / 6129 = -0,67$$

$$-1 < -0,67 < 0$$

$$\psi = M_{h1} / M_{h2} = -297 / -4129 = 0,07$$

$$0 < 0,07 < 1$$

$$\rightarrow C_{my} = 0,95 + 0,05 * \alpha_h = 0,95 + 0,05 * (-0,67) = 0,92$$

und EN 1993-1-1, Anhang B, Tabelle B.1 für verdrehsteife Bauteile der Querschnittsklasse 3

$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + 0,6 * \bar{\lambda} * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) \leq C_{my} * \left(1 + 0,6 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

mit $\bar{\lambda} = 0,60$ und $N_{Rk} = f_y * A = 46 * 432,8 = 19909 \text{ kN/m}$

$$k_{yy} = 0,92 * \left(1 + 0,6 * 0,60 * \frac{791}{0,92 * 19909 / 1,1}\right) < 0,92 * \left(1 + 0,6 * \frac{791}{0,92 * 19909 / 1,1}\right)$$

$$k_{yy} = 0,94 < 0,95 \quad \text{und} \quad k_{zy} = 0,8 * k_{yy} = 0,752$$

Die Formel (6.62) aus EN 1993-1-1 mit $k_{zy} < k_{yy}$ und $\chi_z = 1,0$ ist günstiger als die Formel (6.61) und kann daher vernachlässigt werden. Der Stabilitätsnachweis wird ausschließlich mit Formel (6.61) durchgeführt.

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1,0$$

mit dem charakteristischen Momentenwiderstand für einen Querschnitt der Klasse 3

$$M_{y,Rk} = f_y * W_{el,y} = 460 * 15015 / 1000 = 6907 \text{ kNm}$$

und $M_{Ed} = 6129 \text{ kNm}$ bei EL. -6,55 m

und $N_{Ed} = 791 \text{ kN}$

$$\frac{791}{0,92 * 19909 / 1,1} + 0,94 * \frac{6129}{1,0 * 6907 / 1,1} \leq 1,0$$

$$0,05 + 0,94 * 0,98 = 0,97 < 1,0$$

Anhang 2: HZ-M | Statisches Moment & Plastisches Widerstandsmoment

Querschnitt	W_{ely}	S_y	W_{ply}	W_{ely}	S_y	W_{ply}	W_{ely}	S_y	W_{ply}
	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³
	Lösung 100			Lösung 12			Lösung 26		
HZ 630M	7175	3940	7880	7385	4450	8785	17535	9505	19010
HZ 880M A	9030	4915	9835	9330	5605	11075	22430	12020	24045
HZ 880M B	9875	5415	10830	10190	6105	12100	24050	12995	25985
HZ 880M C	10420	5710	11420	10725	6400	12690	25115	13585	27165
HZ 1080M A	13355	7475	14950	13880	8395	16710	32415	17810	35615
HZ 1080M B	14520	8090	16185	15015	9005	17930	34635	19005	38010
HZ 1080M C	15920	8925	17850	16430	9845	19620	37400	20670	41345
HZ 1080M D	17230	9690	19380	17735	10615	21160	39980	22200	44400
HZ 1180M A	18175	10275	20550	18685	11200	22340	41825	23370	46740
HZ 1180M B	19090	10770	21535	19565	11670	23275	43390	24230	48465
HZ 1180M C	20205	11410	22820	20725	12415	24750	46665	26160	52320
HZ 1180M D	21325	12055	24110	21815	13005	25945	48360	27190	54380
	Lösung 102			Lösung 14			Lösung C1		
HZ 630M	6985	3885	7770	9370	5060	10125	7285	4180	8340
HZ 880M A	8800	4850	9700	12030	6425	12845	9185	5245	10460
HZ 880M B	9625	5345	10685	12835	6910	13820	10035	5735	11455
HZ 880M C	10170	5640	11275	13365	7205	14405	10575	6030	12040
HZ 1080M A	13075	7390	14780	17270	9440	18885	13615	7905	15795
HZ 1080M B	14205	8000	16000	18375	10040	20080	14760	8515	17015
HZ 1080M C	15605	8830	17665	19750	10875	21745	16165	9350	18685
HZ 1080M D	16920	9595	19190	21035	11635	23275	17475	10115	20215
HZ 1180M A	17865	10180	20365	21945	12220	24445	18420	10700	21390
HZ 1180M B	18675	10645	21285	22725	12655	25305	19310	11165	22315
HZ 1180M C	19790	11285	22570	24385	13675	27345	20490	11930	23845
HZ 1180M D	20690	11865	23725	25225	14190	28380	21565	12515	25020
	Lösung 104			Lösung 24			Lösung C23		
HZ 630M	6955	3830	7665	15370	8860	17655	15260	8570	17130
HZ 880M A	8760	4785	9575	19510	11165	22260	19350	10780	21545
HZ 880M B	9585	5270	10545	21170	12125	24220	20995	11755	23490
HZ 880M C	10130	5565	11135	22240	12735	25400	22070	12345	24670
HZ 1080M A	13020	7310	14615	28755	16705	33370	28475	16195	32375
HZ 1080M B	14145	7905	15815	30970	17905	35765	30700	17390	34770
HZ 1080M C	15545	8740	17480	33770	19575	39110	33495	19060	38105
HZ 1080M D	16860	9505	19010	36380	21105	42170	36105	20585	41165
HZ 1180M A	17805	10090	20180	38260	22280	44515	37980	21755	43505
HZ 1180M B	18600	10520	21040	39825	23140	46240	39555	22620	45230
HZ 1180M C	19710	11160	22325	42600	24800	49550	42345	24295	48580
HZ 1180M D	20570	11675	23355	44310	25830	51615	44055	25330	50640

Das plastische Widerstandsmoment W_{ply} gilt nur für die Stahlspannungsnachweise von Querschnitten der „Klasse 1“ und „Klasse 2“ gemäß EN 1993.

Anhang 3: Kombinationen sortiert nach aufsteigendem elastischen Widerstandsmoment gemäß globalem Sicherheitsansatz

W_{ely}^* cm ³ /m	$G_{100\%}$ kg/m ²	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^* cm ³ /m	$G_{100\%}$ kg/m ²	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^* cm ³ /m	$G_{100\%}$ kg/m ²	Querschnitt	Kombination
4135	210	HZ 630M	12/AZ 13-770	5865	241	HZ 630M	14/AZ 18-700	6900	237	HZ 880M B	14/AZ 20-800-10/10
4180	217	HZ 630M	12/AZ 14-770-10/10	5870	238	HZ 880M A	12/AZ 30-750	6900	240	HZ 880M C	14/AZ 14-770-10/10
4355	224	HZ 630M	12/AZ 13-700	5895	233	HZ 880M C	12/AZ 13-700	6920	232	HZ 880M A	14/AZ 18-700
4375	227	HZ 630M	12/AZ 13-700-10/10	5900	230	HZ 880M B	12/AZ 18-700	6965	285	HZ 630M	24/AZ 20-800
4550	216	HZ 630M	12/AZ 20-800	5905	236	HZ 880M C	12/AZ 13-700-10/10	6980	239	HZ 880M A	14/AZ 20-700
4590	220	HZ 630M	12/AZ 20-800-10/10	5940	249	HZ 630M	14/AZ 20-700	6995	297	HZ 630M	24/AZ 13-700
4730	226	HZ 630M	12/AZ 18-700	5950	237	HZ 880M B	12/AZ 20-700	7005	288	HZ 630M	24/AZ 20-800-10/10
4800	234	HZ 630M	12/AZ 20-700	5955	246	HZ 880M A	12/AZ 32-750	7010	300	HZ 630M	24/AZ 13-700-10/10
4870	229	HZ 630M	12/AZ 25-800	5960	243	HZ 630M	14/AZ 25-800	7015	230	HZ 1080M A	12/AZ 13-770
4885	202	HZ 880M A	12/AZ 13-770	6040	238	HZ 880M C	12/AZ 25-800	7020	242	HZ 880M B	14/AZ 13-700
4915	208	HZ 880M A	12/AZ 14-770-10/10	6095	258	HZ 880M A	12/AZ 26	7035	245	HZ 880M B	14/AZ 13-700-10/10
4975	246	HZ 630M	12/AZ 18-10/10	6175	236	HZ 880M C	12/AZ 18-700	7040	236	HZ 1080M A	12/AZ 14-770-10/10
5145	208	HZ 880M A	12/AZ 20-800	6185	262	HZ 630M	14/AZ 18-10/10	7110	238	HZ 880M C	14/AZ 20-800
5165	224	HZ 630M	14/AZ 13-770	6210	242	HZ 880M B	12/AZ 28-750	7130	235	HZ 1080M A	12/AZ 20-800
5175	211	HZ 880M A	12/AZ 20-800-10/10	6225	243	HZ 880M C	12/AZ 20-700	7130	246	HZ 880M B	14/AZ 25-800
5175	214	HZ 880M A	12/AZ 13-700	6230	216	HZ 880M A	14/AZ 13-770	7140	242	HZ 880M C	14/AZ 20-800-10/10
5185	218	HZ 880M A	12/AZ 13-700-10/10	6255	249	HZ 880M B	12/AZ 18-10/10	7150	239	HZ 1080M A	12/AZ 20-800-10/10
5210	231	HZ 630M	14/AZ 14-770-10/10	6255	257	HZ 880M B	12/AZ 26-700	7245	244	HZ 880M A	14/AZ 28-750
5210	254	HZ 630M	12/AZ 26-700	6265	222	HZ 880M A	14/AZ 14-770-10/10	7245	296	HZ 630M	24/AZ 25-800
5295	239	HZ 630M	12/AZ 28-750	6295	250	HZ 880M B	12/AZ 30-750	7290	248	HZ 880M C	14/AZ 13-700
5300	214	HZ 880M B	12/AZ 13-770	6380	258	HZ 880M B	12/AZ 32-750	7305	251	HZ 880M C	14/AZ 13-700-10/10
5330	220	HZ 880M B	12/AZ 14-770-10/10	6395	269	HZ 630M	14/AZ 26-700	7315	248	HZ 1080M A	12/AZ 25-800
5385	221	HZ 880M A	12/AZ 25-800	6460	254	HZ 630M	14/AZ 28-750	7315	299	HZ 630M	24/AZ 18-700
5395	269	HZ 630M	12/AZ 26	6470	248	HZ 880M C	12/AZ 28-750	7320	259	HZ 880M A	14/AZ 26-700
5410	247	HZ 630M	12/AZ 30-750	6495	221	HZ 880M A	14/AZ 20-800	7330	245	HZ 880M B	14/AZ 18-700
5450	239	HZ 630M	14/AZ 13-700	6530	225	HZ 880M A	14/AZ 20-800-10/10	7340	252	HZ 880M A	14/AZ 30-750
5455	217	HZ 880M A	12/AZ 18-700	6530	263	HZ 880M C	12/AZ 26-700	7350	252	HZ 880M A	14/AZ 18-10/10
5470	242	HZ 630M	14/AZ 13-700-10/10	6555	256	HZ 880M C	12/AZ 18-10/10	7370	305	HZ 630M	24/AZ 20-700
5505	224	HZ 880M A	12/AZ 20-700	6555	256	HZ 880M C	12/AZ 30-750	7375	252	HZ 880M C	14/AZ 25-800
5525	255	HZ 630M	12/AZ 32-750	6575	272	HZ 880M B	12/AZ 26	7385	252	HZ 880M B	14/AZ 20-700
5545	220	HZ 880M B	12/AZ 20-800	6585	262	HZ 630M	14/AZ 30-750	7435	260	HZ 880M A	14/AZ 32-750
5555	219	HZ 880M C	12/AZ 13-770	6610	229	HZ 880M A	14/AZ 13-700	7475	244	HZ 1080M A	12/AZ 13-700
5580	223	HZ 880M B	12/AZ 20-800-10/10	6615	228	HZ 880M B	14/AZ 13-770	7485	247	HZ 1080M A	12/AZ 13-700-10/10
5585	226	HZ 880M C	12/AZ 14-770-10/10	6625	233	HZ 880M A	14/AZ 13-700-10/10	7565	238	HZ 1080M B	12/AZ 13-770
5600	230	HZ 630M	14/AZ 20-800	6645	264	HZ 880M C	12/AZ 32-750	7570	295	HZ 630M	26/AZ 13-770
5615	227	HZ 880M B	12/AZ 13-700	6650	234	HZ 880M B	14/AZ 14-770-10/10	7590	245	HZ 1080M B	12/AZ 14-770-10/10
5630	230	HZ 880M B	12/AZ 13-700-10/10	6650	285	HZ 630M	14/AZ 26	7600	251	HZ 880M C	14/AZ 18-700
5650	234	HZ 630M	14/AZ 20-800-10/10	6670	282	HZ 630M	24/AZ 13-770	7610	300	HZ 630M	26/AZ 14-770-10/10
5780	235	HZ 880M A	12/AZ 18-10/10	6705	288	HZ 630M	24/AZ 14-770-10/10	7630	257	HZ 880M B	14/AZ 28-750
5785	230	HZ 880M A	12/AZ 28-750	6710	270	HZ 630M	14/AZ 32-750	7655	258	HZ 880M C	14/AZ 20-700
5790	233	HZ 880M B	12/AZ 25-800	6765	235	HZ 880M A	14/AZ 25-800	7660	243	HZ 1080M B	12/AZ 20-800
5795	225	HZ 880M C	12/AZ 20-800	6865	233	HZ 880M B	14/AZ 20-800	7670	320	HZ 630M	24/AZ 18-10/10
5810	244	HZ 880M A	12/AZ 26-700	6865	233	HZ 880M C	14/AZ 13-770	7685	247	HZ 1080M B	12/AZ 20-800-10/10
5830	229	HZ 880M C	12/AZ 20-800-10/10	6870	278	HZ 880M C	12/AZ 26	7695	247	HZ 1080M A	12/AZ 18-700

W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination
cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²		
7700	274	HZ 880M A	14/AZ 26	8410	275	HZ 1080M B	12/AZ 30-750	9100	300	HZ 1080M B	12/AZ 26
7700	307	HZ 630M	24/AZ 28-750	8410	280	HZ 880M A	24/AZ 13-700	9100	301	HZ 880M A	24/AZ 18-10/10
7720	322	HZ 630M	24/AZ 26-700	8420	283	HZ 880M A	24/AZ 13-700-10/10	9105	291	HZ 1080M C	12/AZ 30-750
7725	264	HZ 880M B	14/AZ 30-750	8430	294	HZ 880M C	14/AZ 26	9120	284	HZ 1080M D	12/AZ 25-800
7725	272	HZ 880M B	14/AZ 26-700	8465	290	HZ 1080M A	12/AZ 26	9170	279	HZ 880M A	26/AZ 13-770
7735	254	HZ 1080M A	12/AZ 20-700	8480	283	HZ 1080M B	12/AZ 32-750	9170	299	HZ 1080M C	12/AZ 32-750
7785	259	HZ 1080M A	12/AZ 28-750	8510	272	HZ 1080M C	12/AZ 25-800	9190	297	HZ 880M C	24/AZ 20-800
7790	265	HZ 880M B	14/AZ 18-10/10	8565	284	HZ 1080M B	12/AZ 26-700	9195	284	HZ 880M A	26/AZ 14-770-10/10
7800	314	HZ 630M	24/AZ 30-750	8640	286	HZ 880M B	24/AZ 13-770	9215	301	HZ 880M C	24/AZ 20-800-10/10
7820	272	HZ 880M B	14/AZ 32-750	8645	282	HZ 880M A	24/AZ 18-700	9220	252	HZ 1080M B	14/AZ 13-770
7850	257	HZ 1080M B	12/AZ 25-800	8665	291	HZ 880M B	24/AZ 14-770-10/10	9245	259	HZ 1080M B	14/AZ 14-770-10/10
7850	266	HZ 1080M A	12/AZ 30-750	8670	320	HZ 630M	26/AZ 28-750	9260	259	HZ 1080M A	14/AZ 13-700
7875	298	HZ 630M	26/AZ 20-800	8685	244	HZ 1080M A	14/AZ 13-770	9275	263	HZ 1080M A	14/AZ 13-700-10/10
7885	262	HZ 880M C	14/AZ 28-750	8690	288	HZ 880M A	24/AZ 20-700	9290	300	HZ 1080M C	12/AZ 26-700
7895	320	HZ 630M	24/AZ 32-750	8695	334	HZ 630M	26/AZ 18-10/10	9295	257	HZ 1080M B	14/AZ 20-800
7915	274	HZ 1080M A	12/AZ 32-750	8710	250	HZ 1080M A	14/AZ 14-770-10/10	9315	282	HZ 880M A	26/AZ 20-800
7915	301	HZ 630M	26/AZ 20-800-10/10	8715	336	HZ 630M	26/AZ 26-700	9320	261	HZ 1080M B	14/AZ 20-800-10/10
7950	311	HZ 630M	26/AZ 13-700	8775	327	HZ 630M	26/AZ 30-750	9320	303	HZ 880M B	24/AZ 18-700
7965	314	HZ 630M	26/AZ 13-700-10/10	8780	249	HZ 1080M A	14/AZ 20-800	9325	277	HZ 1180M A	12/AZ 13-770
7975	274	HZ 1080M A	12/AZ 26-700	8780	289	HZ 880M B	24/AZ 20-800	9345	285	HZ 880M A	26/AZ 20-800-10/10
7980	270	HZ 880M C	14/AZ 30-750	8790	270	HZ 1080M C	12/AZ 13-700	9350	284	HZ 1180M A	12/AZ 14-770-10/10
7990	278	HZ 880M C	14/AZ 26-700	8800	274	HZ 1080M C	12/AZ 13-700-10/10	9360	319	HZ 880M A	24/AZ 26
8000	266	HZ 880M A	24/AZ 13-770	8805	252	HZ 1080M A	14/AZ 20-800-10/10	9365	309	HZ 880M B	24/AZ 20-700
8020	338	HZ 630M	24/AZ 26	8805	292	HZ 880M B	24/AZ 20-800-10/10	9370	281	HZ 1180M A	12/AZ 20-800
8025	272	HZ 880M A	24/AZ 14-770-10/10	8810	290	HZ 880M A	24/AZ 28-750	9395	285	HZ 1180M A	12/AZ 20-800-10/10
8065	254	HZ 1080M B	12/AZ 13-700	8855	278	HZ 1080M B	12/AZ 18-10/10	9395	308	HZ 880M C	24/AZ 25-800
8070	278	HZ 880M C	14/AZ 32-750	8870	267	HZ 1080M D	12/AZ 13-770	9460	310	HZ 880M B	24/AZ 28-750
8075	257	HZ 1080M B	12/AZ 13-700-10/10	8880	333	HZ 630M	26/AZ 32-750	9465	284	HZ 1080M D	12/AZ 13-700
8085	272	HZ 880M C	14/AZ 18-10/10	8885	297	HZ 880M A	24/AZ 30-750	9475	287	HZ 1080M D	12/AZ 13-700-10/10
8140	288	HZ 880M B	14/AZ 26	8895	273	HZ 1080M D	12/AZ 14-770-10/10	9500	262	HZ 1080M A	14/AZ 18-700
8155	270	HZ 880M A	24/AZ 20-800	8930	271	HZ 1080M D	12/AZ 20-800	9500	270	HZ 1080M B	14/AZ 25-800
8170	309	HZ 630M	26/AZ 25-800	8945	304	HZ 880M A	24/AZ 26-700	9530	310	HZ 880M C	24/AZ 13-700
8180	273	HZ 880M A	24/AZ 20-800-10/10	8955	275	HZ 1080M D	12/AZ 20-800-10/10	9530	316	HZ 880M B	24/AZ 30-750
8220	268	HZ 1080M A	12/AZ 18-10/10	8955	303	HZ 880M A	24/AZ 32-750	9535	293	HZ 880M A	26/AZ 25-800
8245	254	HZ 1080M C	12/AZ 13-770	8985	262	HZ 1080M A	14/AZ 25-800	9540	313	HZ 880M C	24/AZ 13-700-10/10
8270	261	HZ 1080M C	12/AZ 14-770-10/10	8985	300	HZ 880M B	24/AZ 25-800	9545	269	HZ 1080M A	14/AZ 20-700
8285	256	HZ 1080M B	12/AZ 18-700	9010	273	HZ 1080M C	12/AZ 18-700	9545	273	HZ 1080M A	14/AZ 28-750
8285	313	HZ 630M	26/AZ 18-700	9035	283	HZ 1080M C	12/AZ 28-750	9560	294	HZ 1180M A	12/AZ 25-800
8320	259	HZ 1080M C	12/AZ 20-800	9050	280	HZ 1080M C	12/AZ 20-700	9605	323	HZ 880M B	24/AZ 32-750
8325	263	HZ 1080M B	12/AZ 20-700	9060	295	HZ 880M C	24/AZ 13-770	9615	281	HZ 1080M A	14/AZ 30-750
8345	262	HZ 1080M C	12/AZ 20-800-10/10	9070	353	HZ 630M	26/AZ 26	9620	325	HZ 880M B	24/AZ 26-700
8345	267	HZ 1080M B	12/AZ 28-750	9085	300	HZ 880M C	24/AZ 14-770-10/10	9635	296	HZ 1080M C	12/AZ 18-10/10
8345	319	HZ 630M	26/AZ 20-700	9085	301	HZ 880M B	24/AZ 13-700	9645	293	HZ 880M A	26/AZ 13-700
8360	281	HZ 880M A	24/AZ 25-800	9095	303	HZ 880M B	24/AZ 13-700-10/10	9655	296	HZ 880M A	26/AZ 13-700-10/10

W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination
cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²		
9675	297	HZ 1080M D	12/AZ 28-750	10225	297	HZ 1080M B	14/AZ 32-750	10865	338	HZ 880M B	26/AZ 26-700
9685	287	HZ 1080M D	12/AZ 18-700	10235	312	HZ 880M C	26/AZ 14-770-10/10	10885	322	HZ 1180M A	12/AZ 18-10/10
9690	289	HZ 1080M A	14/AZ 32-750	10265	323	HZ 1180M A	12/AZ 32-750	10890	313	HZ 1080M C	14/AZ 32-750
9725	294	HZ 1080M D	12/AZ 20-700	10285	333	HZ 880M C	24/AZ 18-10/10	10905	332	HZ 1180M B	12/AZ 26-700
9740	304	HZ 1080M D	12/AZ 30-750	10300	314	HZ 880M B	26/AZ 13-700	10920	291	HZ 1180M A	14/AZ 13-770
9750	284	HZ 1180M B	12/AZ 13-770	10305	296	HZ 1180M C	12/AZ 13-770	10945	295	HZ 1180M A	14/AZ 20-800
9765	312	HZ 880M C	24/AZ 18-700	10315	316	HZ 880M B	26/AZ 13-700-10/10	10950	298	HZ 1180M A	14/AZ 14-770-10/10
9775	290	HZ 1180M B	12/AZ 14-770-10/10	10320	300	HZ 1180M C	12/AZ 20-800	10970	298	HZ 1180M A	14/AZ 20-800-10/10
9785	287	HZ 1180M B	12/AZ 20-800	10325	310	HZ 880M C	26/AZ 20-800	10990	325	HZ 880M C	26/AZ 18-700
9790	298	HZ 880M B	26/AZ 13-770	10330	303	HZ 1180M C	12/AZ 14-770-10/10	11000	316	HZ 1180M C	12/AZ 13-700
9805	289	HZ 1080M A	14/AZ 26-700	10345	303	HZ 1180M C	12/AZ 20-800-10/10	11010	319	HZ 1180M C	12/AZ 13-700-10/10
9810	291	HZ 1180M B	12/AZ 20-800-10/10	10355	313	HZ 880M C	26/AZ 20-800-10/10	11015	322	HZ 1180M D	12/AZ 25-800
9810	312	HZ 1080M D	12/AZ 32-750	10365	311	HZ 1080M D	12/AZ 18-10/10	11035	331	HZ 880M C	26/AZ 20-700
9810	318	HZ 880M C	24/AZ 20-700	10375	299	HZ 1080M B	14/AZ 26-700	11040	316	HZ 1080M B	14/AZ 26
9815	304	HZ 880M B	26/AZ 14-770-10/10	10410	302	HZ 1180M B	12/AZ 13-700	11075	315	HZ 1080M C	14/AZ 26-700
9815	323	HZ 880M B	24/AZ 18-10/10	10420	305	HZ 1180M B	12/AZ 13-700-10/10	11085	332	HZ 880M C	26/AZ 28-750
9835	269	HZ 1080M B	14/AZ 13-700	10420	315	HZ 880M A	26/AZ 18-10/10	11115	337	HZ 880M B	26/AZ 18-10/10
9845	272	HZ 1080M B	14/AZ 13-700-10/10	10430	306	HZ 1080M A	14/AZ 26	11130	326	HZ 1180M C	12/AZ 28-750
9875	268	HZ 1080M C	14/AZ 13-770	10445	325	HZ 1180M A	12/AZ 26-700	11130	345	HZ 1180M A	12/AZ 26
9885	318	HZ 1080M C	12/AZ 26	10490	281	HZ 1080M D	14/AZ 13-770	11145	308	HZ 1180M A	14/AZ 25-800
9885	319	HZ 880M C	24/AZ 28-750	10505	313	HZ 1180M C	12/AZ 25-800	11160	338	HZ 880M C	26/AZ 30-750
9895	295	HZ 880M A	26/AZ 18-700	10515	287	HZ 1080M D	14/AZ 14-770-10/10	11195	299	HZ 1080M D	14/AZ 13-700
9900	275	HZ 1080M C	14/AZ 14-770-10/10	10525	285	HZ 1080M D	14/AZ 20-800	11195	334	HZ 1180M C	12/AZ 30-750
9920	301	HZ 880M B	26/AZ 20-800	10535	285	HZ 1080M C	14/AZ 13-700	11205	302	HZ 1080M D	14/AZ 13-700-10/10
9930	272	HZ 1080M C	14/AZ 20-800	10545	289	HZ 1080M C	14/AZ 13-700-10/10	11220	318	HZ 1180M C	12/AZ 18-700
9940	301	HZ 880M A	26/AZ 20-700	10545	320	HZ 880M C	26/AZ 25-800	11240	344	HZ 880M C	26/AZ 32-750
9950	295	HZ 1180M A	12/AZ 13-700	10545	350	HZ 880M C	24/AZ 26	11260	325	HZ 1180M C	12/AZ 20-700
9950	304	HZ 880M B	26/AZ 20-800-10/10	10550	288	HZ 1080M D	14/AZ 20-800-10/10	11260	342	HZ 1180M C	12/AZ 32-750
9955	276	HZ 1080M C	14/AZ 20-800-10/10	10550	316	HZ 880M B	26/AZ 18-700	11300	297	HZ 1180M B	14/AZ 13-770
9955	326	HZ 880M C	24/AZ 30-750	10570	314	HZ 1180M B	12/AZ 28-750	11305	300	HZ 1180M B	14/AZ 20-800
9960	298	HZ 1180M A	12/AZ 13-700-10/10	10595	322	HZ 880M B	26/AZ 20-700	11305	347	HZ 880M C	26/AZ 26-700
9960	314	HZ 1080M D	12/AZ 26-700	10610	333	HZ 1080M D	12/AZ 26	11325	304	HZ 1180M B	14/AZ 14-770-10/10
9970	300	HZ 1180M B	12/AZ 25-800	10625	305	HZ 1180M B	12/AZ 18-700	11330	304	HZ 1180M B	14/AZ 20-800-10/10
10030	332	HZ 880M C	24/AZ 32-750	10635	321	HZ 1180M B	12/AZ 30-750	11365	311	HZ 1080M D	14/AZ 28-750
10040	303	HZ 880M A	26/AZ 28-750	10665	312	HZ 1180M B	12/AZ 20-700	11380	330	HZ 1180M B	12/AZ 18-10/10
10065	334	HZ 880M C	24/AZ 26-700	10665	323	HZ 880M B	26/AZ 28-750	11390	354	HZ 880M B	26/AZ 26
10070	271	HZ 1080M B	14/AZ 18-700	10695	333	HZ 880M A	26/AZ 26	11430	302	HZ 1080M D	14/AZ 18-700
10075	340	HZ 880M B	24/AZ 26	10700	329	HZ 1180M B	12/AZ 32-750	11440	319	HZ 1080M D	14/AZ 30-750
10085	282	HZ 1080M B	14/AZ 28-750	10725	298	HZ 1080M D	14/AZ 25-800	11470	309	HZ 1080M D	14/AZ 20-700
10115	278	HZ 1080M B	14/AZ 20-700	10740	323	HZ 880M C	26/AZ 13-700	11495	345	HZ 1180M C	12/AZ 26-700
10115	309	HZ 880M A	26/AZ 30-750	10740	329	HZ 880M B	26/AZ 30-750	11505	314	HZ 1180M B	14/AZ 25-800
10135	285	HZ 1080M C	14/AZ 25-800	10745	298	HZ 1080M C	14/AZ 28-750	11510	326	HZ 1080M D	14/AZ 32-750
10135	307	HZ 1180M A	12/AZ 28-750	10755	326	HZ 880M C	26/AZ 13-700-10/10	11530	312	HZ 1080M C	14/AZ 18-10/10
10140	312	HZ 880M B	26/AZ 25-800	10770	288	HZ 1080M C	14/AZ 18-700	11560	326	HZ 1180M D	12/AZ 13-700
10155	290	HZ 1080M B	14/AZ 30-750	10775	294	HZ 1080M B	14/AZ 18-10/10	11570	330	HZ 1180M D	12/AZ 13-700-10/10
10160	284	HZ 1080M A	14/AZ 18-10/10	10815	295	HZ 1080M C	14/AZ 20-700	11580	347	HZ 880M C	26/AZ 18-10/10
10170	298	HZ 1180M A	12/AZ 18-700	10820	306	HZ 1080M C	14/AZ 30-750	11600	314	HZ 1080M A	24/AZ 20-800
10195	316	HZ 880M A	26/AZ 32-750	10820	335	HZ 880M B	26/AZ 32-750	11605	312	HZ 1080M A	24/AZ 13-770
10200	315	HZ 1180M A	12/AZ 30-750	10825	306	HZ 1180M D	12/AZ 13-770	11620	317	HZ 1080M A	24/AZ 20-800-10/10
10205	307	HZ 880M C	26/AZ 13-770	10830	309	HZ 1180M D	12/AZ 20-800	11625	317	HZ 1080M A	24/AZ 14-770-10/10
10210	305	HZ 1180M A	12/AZ 20-700	10850	313	HZ 1180M D	12/AZ 14-770-10/10	11625	352	HZ 1180M B	12/AZ 26
10210	317	HZ 880M A	26/AZ 26-700	10850	313	HZ 1180M D	12/AZ 20-800-10/10	11660	310	HZ 1180M A	14/AZ 13-700

W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination
cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²		
11665	337	HZ 1180M D	12/AZ 28-750	12660	338	HZ 1180M D	14/AZ 25-800	14010	350	HZ 1080M A	26/AZ 20-700
11670	313	HZ 1180M A	14/AZ 13-700-10/10	12740	338	HZ 1180M A	14/AZ 18-10/10	14060	351	HZ 1080M B	26/AZ 25-800
11725	329	HZ 1080M D	14/AZ 26-700	12865	378	HZ 1180M D	12/AZ 26	14090	365	HZ 1180M C	14/AZ 18-10/10
11730	344	HZ 1180M D	12/AZ 30-750	12915	334	HZ 1180M C	14/AZ 13-700	14110	368	HZ 1080M B	24/AZ 18-10/10
11760	325	HZ 1080M A	24/AZ 25-800	12925	337	HZ 1180M C	14/AZ 13-700-10/10	14220	366	HZ 1080M A	26/AZ 26-700
11780	329	HZ 1180M D	12/AZ 18-700	12985	344	HZ 1180M C	14/AZ 28-750	14310	377	HZ 1080M C	24/AZ 28-750
11795	334	HZ 1080M C	14/AZ 26	13000	361	HZ 1180M A	14/AZ 26	14315	370	HZ 1080M C	24/AZ 13-700
11795	352	HZ 1180M D	12/AZ 32-750	13035	327	HZ 1080M A	26/AZ 20-800	14315	386	HZ 1080M B	24/AZ 26
11805	321	HZ 1180M A	14/AZ 28-750	13055	352	HZ 1180M C	14/AZ 30-750	14320	373	HZ 1080M C	24/AZ 13-700-10/10
11820	336	HZ 1180M D	12/AZ 20-700	13060	324	HZ 1080M A	26/AZ 13-770	14345	387	HZ 1180M C	14/AZ 26
11855	364	HZ 880M C	26/AZ 26	13060	330	HZ 1080M A	26/AZ 20-800-10/10	14365	383	HZ 1080M C	24/AZ 30-750
11875	329	HZ 1180M A	14/AZ 30-750	13085	330	HZ 1080M A	26/AZ 14-770-10/10	14420	390	HZ 1080M C	24/AZ 32-750
11895	313	HZ 1180M A	14/AZ 18-700	13125	360	HZ 1180M C	14/AZ 32-750	14495	372	HZ 1080M C	24/AZ 18-700
11935	320	HZ 1180M A	14/AZ 20-700	13130	352	HZ 1080M A	24/AZ 18-10/10	14505	373	HZ 1080M D	24/AZ 20-800
11945	337	HZ 1180M A	14/AZ 32-750	13145	337	HZ 1180M C	14/AZ 18-700	14525	376	HZ 1080M D	24/AZ 20-800-10/10
12015	344	HZ 1180M C	12/AZ 18-10/10	13165	343	HZ 1080M B	24/AZ 13-700	14530	378	HZ 1080M C	24/AZ 20-700
12055	356	HZ 1180M D	12/AZ 26-700	13175	346	HZ 1180M B	14/AZ 18-10/10	14550	375	HZ 1180M D	14/AZ 18-10/10
12065	317	HZ 1180M B	14/AZ 13-700	13175	346	HZ 1080M B	24/AZ 13-700-10/10	14580	372	HZ 1080M D	24/AZ 13-770
12075	316	HZ 1180M C	14/AZ 20-800	13185	344	HZ 1180M C	14/AZ 20-700	14600	378	HZ 1080M D	24/AZ 14-770-10/10
12075	320	HZ 1180M B	14/AZ 13-700-10/10	13205	337	HZ 1080M A	26/AZ 25-800	14665	384	HZ 1080M D	24/AZ 25-800
12090	314	HZ 1180M C	14/AZ 13-770	13205	351	HZ 1080M B	24/AZ 28-750	14705	357	HZ 1080M B	26/AZ 13-700
12100	320	HZ 1180M C	14/AZ 20-800-10/10	13265	358	HZ 1080M B	24/AZ 30-750	14715	359	HZ 1080M B	26/AZ 13-700-10/10
12115	320	HZ 1180M C	14/AZ 14-770-10/10	13320	364	HZ 1080M B	24/AZ 32-750	14715	364	HZ 1080M B	26/AZ 28-750
12185	327	HZ 1180M B	14/AZ 28-750	13330	370	HZ 1080M A	24/AZ 26	14725	394	HZ 1080M C	24/AZ 26-700
12190	340	HZ 1180M A	14/AZ 26-700	13345	344	HZ 1180M D	14/AZ 13-700	14775	366	HZ 1080M A	26/AZ 18-10/10
12240	327	HZ 1080M D	14/AZ 18-10/10	13345	345	HZ 1080M B	24/AZ 18-700	14775	370	HZ 1080M B	26/AZ 30-750
12240	329	HZ 1080M A	24/AZ 13-700	13355	347	HZ 1180M D	14/AZ 13-700-10/10	14805	397	HZ 1180M D	14/AZ 26
12250	331	HZ 1080M A	24/AZ 13-700-10/10	13380	351	HZ 1080M B	24/AZ 20-700	14830	377	HZ 1080M B	26/AZ 32-750
12255	335	HZ 1180M B	14/AZ 30-750	13390	353	HZ 1180M D	14/AZ 28-750	14900	359	HZ 1080M B	26/AZ 18-700
12260	367	HZ 1180M C	12/AZ 26	13435	364	HZ 1180M C	14/AZ 26-700	14930	365	HZ 1080M C	26/AZ 20-800
12270	330	HZ 1180M C	14/AZ 25-800	13435	368	HZ 1180M B	14/AZ 26	14935	365	HZ 1080M B	26/AZ 20-700
12295	319	HZ 1180M B	14/AZ 18-700	13460	361	HZ 1180M D	14/AZ 30-750	14950	368	HZ 1080M C	26/AZ 20-800-10/10
12320	337	HZ 1080M A	24/AZ 28-750	13510	353	HZ 1080M C	24/AZ 20-800	14985	384	HZ 1080M A	26/AZ 26
12325	343	HZ 1180M B	14/AZ 32-750	13530	369	HZ 1180M D	14/AZ 32-750	15005	364	HZ 1080M C	26/AZ 13-770
12340	326	HZ 1180M B	14/AZ 20-700	13535	356	HZ 1080M C	24/AZ 20-800-10/10	15025	369	HZ 1080M C	26/AZ 14-770-10/10
12375	343	HZ 1080M A	24/AZ 30-750	13565	352	HZ 1080M C	24/AZ 13-770	15095	376	HZ 1080M C	26/AZ 25-800
12425	331	HZ 1080M A	24/AZ 18-700	13570	347	HZ 1180M D	14/AZ 18-700	15140	381	HZ 1080M B	26/AZ 26-700
12435	350	HZ 1080M A	24/AZ 32-750	13580	368	HZ 1080M B	24/AZ 26-700	15210	389	HZ 1180M A	24/AZ 20-800
12450	328	HZ 1080M B	24/AZ 20-800	13585	357	HZ 1080M C	24/AZ 14-770-10/10	15230	392	HZ 1180M A	24/AZ 20-800-10/10
12455	336	HZ 1080M A	24/AZ 20-700	13615	354	HZ 1180M D	14/AZ 20-700	15305	389	HZ 1180M A	24/AZ 13-770
12460	325	HZ 1180M D	14/AZ 20-800	13670	364	HZ 1080M C	24/AZ 25-800	15325	394	HZ 1180M A	24/AZ 14-770-10/10
12470	331	HZ 1080M B	24/AZ 20-800-10/10	13780	342	HZ 1080M A	26/AZ 13-700	15330	397	HZ 1080M C	24/AZ 18-10/10
12475	326	HZ 1080M B	24/AZ 13-770	13790	344	HZ 1080M A	26/AZ 13-700-10/10	15340	398	HZ 1080M D	24/AZ 28-750
12485	329	HZ 1180M D	14/AZ 20-800-10/10	13830	350	HZ 1080M A	26/AZ 28-750	15370	400	HZ 1180M A	24/AZ 25-800
12490	323	HZ 1180M D	14/AZ 13-770	13860	374	HZ 1180M D	14/AZ 26-700	15390	392	HZ 1080M D	24/AZ 13-700
12500	331	HZ 1080M B	24/AZ 14-770-10/10	13890	340	HZ 1080M B	26/AZ 20-800	15395	395	HZ 1080M D	24/AZ 13-700-10/10
12505	349	HZ 1080M D	14/AZ 26	13890	356	HZ 1080M A	26/AZ 30-750	15395	404	HZ 1080M D	24/AZ 30-750
12515	329	HZ 1180M D	14/AZ 14-770-10/10	13910	343	HZ 1080M B	26/AZ 20-800-10/10	15450	411	HZ 1080M D	24/AZ 32-750
12590	346	HZ 1180M B	14/AZ 26-700	13935	339	HZ 1080M B	26/AZ 13-770	15530	414	HZ 1080M C	24/AZ 26
12610	339	HZ 1080M B	24/AZ 25-800	13950	362	HZ 1080M A	26/AZ 32-750	15570	394	HZ 1080M D	24/AZ 18-700
12620	356	HZ 1180M D	12/AZ 18-10/10	13960	344	HZ 1080M B	26/AZ 14-770-10/10	15605	400	HZ 1080M D	24/AZ 20-700
12655	353	HZ 1080M A	24/AZ 26-700	13975	344	HZ 1080M A	26/AZ 18-700	15755	382	HZ 1080M B	26/AZ 18-10/10

W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination	W_{ely}^*	$G_{100\%}$	Querschnitt	Kombination
cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²			cm ³ /m	kg/m ²		
15795	390	HZ 1080M C	26/AZ 28-750	17020	428	HZ 1180M B	24/AZ 20-700	18615	442	HZ 1180M C	26/AZ 14-770-10/10
15800	416	HZ 1080M D	24/AZ 26-700	17085	408	HZ 1080M D	26/AZ 18-700	18630	459	HZ 1180M D	24/AZ 13-700
15815	399	HZ 1180M B	24/AZ 20-800	17120	413	HZ 1080M D	26/AZ 20-700	18635	462	HZ 1180M D	24/AZ 13-700-10/10
15835	384	HZ 1080M C	26/AZ 13-700	17160	428	HZ 1080M C	26/AZ 26	18725	457	HZ 1180M B	26/AZ 26-700
15835	402	HZ 1180M B	24/AZ 20-800-10/10	17200	411	HZ 1180M B	26/AZ 20-800	18805	461	HZ 1180M D	24/AZ 18-700
15845	386	HZ 1080M C	26/AZ 13-700-10/10	17215	444	HZ 1180M B	24/AZ 26-700	18840	467	HZ 1180M D	24/AZ 20-700
15855	396	HZ 1080M C	26/AZ 30-750	17225	414	HZ 1180M B	26/AZ 20-800-10/10	18875	452	HZ 1180M A	26/AZ 18-10/10
15910	385	HZ 1080M D	26/AZ 20-800	17285	439	HZ 1180M A	24/AZ 18-10/10	19035	483	HZ 1180M D	24/AZ 26-700
15910	402	HZ 1080M C	26/AZ 32-750	17325	430	HZ 1080M D	26/AZ 26-700	19065	450	HZ 1180M D	26/AZ 20-800
15920	399	HZ 1180M B	24/AZ 13-770	17335	411	HZ 1180M B	26/AZ 13-770	19080	470	HZ 1180M A	26/AZ 26
15930	388	HZ 1080M D	26/AZ 20-800-10/10	17355	417	HZ 1180M B	26/AZ 14-770-10/10	19085	453	HZ 1180M D	26/AZ 20-800-10/10
15940	404	HZ 1180M B	24/AZ 14-770-10/10	17365	422	HZ 1180M B	26/AZ 25-800	19170	474	HZ 1180M C	24/AZ 18-10/10
15970	400	HZ 1080M B	26/AZ 26	17485	456	HZ 1180M A	24/AZ 26	19225	461	HZ 1180M D	26/AZ 25-800
15970	410	HZ 1180M B	24/AZ 25-800	17495	435	HZ 1180M D	24/AZ 20-800	19240	451	HZ 1180M D	26/AZ 13-770
16005	385	HZ 1080M D	26/AZ 13-770	17515	438	HZ 1180M D	24/AZ 20-800-10/10	19260	456	HZ 1180M D	26/AZ 14-770-10/10
16025	386	HZ 1080M C	26/AZ 18-700	17530	427	HZ 1180M A	26/AZ 28-750	19365	492	HZ 1180M C	24/AZ 26
16030	390	HZ 1080M D	26/AZ 14-770-10/10	17585	434	HZ 1180M A	26/AZ 30-750	19425	463	HZ 1180M C	26/AZ 28-750
16060	391	HZ 1080M C	26/AZ 20-700	17640	440	HZ 1180M A	26/AZ 32-750	19480	469	HZ 1180M C	26/AZ 30-750
16075	396	HZ 1080M D	26/AZ 25-800	17645	435	HZ 1180M D	24/AZ 13-770	19540	476	HZ 1180M C	26/AZ 32-750
16075	415	HZ 1180M A	24/AZ 28-750	17650	423	HZ 1180M A	26/AZ 13-700	19565	464	HZ 1180M B	26/AZ 18-10/10
16130	421	HZ 1180M A	24/AZ 30-750	17650	446	HZ 1180M D	24/AZ 25-800	19630	460	HZ 1180M C	26/AZ 13-700
16155	410	HZ 1180M A	24/AZ 13-700	17660	426	HZ 1180M A	26/AZ 13-700-10/10	19640	462	HZ 1180M C	26/AZ 13-700-10/10
16165	412	HZ 1180M A	24/AZ 13-700-10/10	17665	441	HZ 1180M D	24/AZ 14-770-10/10	19775	481	HZ 1180M B	26/AZ 26
16185	428	HZ 1180M A	24/AZ 32-750	17775	447	HZ 1180M C	24/AZ 28-750	19815	462	HZ 1180M C	26/AZ 18-700
16265	408	HZ 1080M C	26/AZ 26-700	17830	453	HZ 1180M C	24/AZ 30-750	19850	468	HZ 1180M C	26/AZ 20-700
16335	412	HZ 1180M A	24/AZ 18-700	17835	425	HZ 1180M A	26/AZ 18-700	19905	491	HZ 1180M D	24/AZ 18-10/10
16370	418	HZ 1180M A	24/AZ 20-700	17870	431	HZ 1180M A	26/AZ 20-700	20050	484	HZ 1180M C	26/AZ 26-700
16470	420	HZ 1080M D	24/AZ 18-10/10	17885	460	HZ 1180M C	24/AZ 32-750	20080	478	HZ 1180M D	26/AZ 28-750
16565	434	HZ 1180M A	24/AZ 26-700	17935	443	HZ 1180M C	24/AZ 13-700	20100	508	HZ 1180M D	24/AZ 26
16600	402	HZ 1180M A	26/AZ 20-800	17940	446	HZ 1180M C	24/AZ 13-700-10/10	20135	484	HZ 1180M D	26/AZ 30-750
16625	405	HZ 1180M A	26/AZ 20-800-10/10	17975	450	HZ 1180M B	24/AZ 18-10/10	20195	491	HZ 1180M D	26/AZ 32-750
16670	438	HZ 1080M D	24/AZ 26	18075	447	HZ 1180M A	26/AZ 26-700	20320	475	HZ 1180M D	26/AZ 13-700
16700	425	HZ 1180M B	24/AZ 28-750	18080	434	HZ 1080M D	26/AZ 18-10/10	20325	478	HZ 1180M D	26/AZ 13-700-10/10
16720	401	HZ 1180M A	26/AZ 13-770	18110	445	HZ 1180M C	24/AZ 18-700	20500	477	HZ 1180M D	26/AZ 18-700
16740	407	HZ 1180M A	26/AZ 14-770-10/10	18145	451	HZ 1180M C	24/AZ 20-700	20535	483	HZ 1180M D	26/AZ 20-700
16755	431	HZ 1180M B	24/AZ 30-750	18150	438	HZ 1180M B	26/AZ 28-750	20735	499	HZ 1180M D	26/AZ 26-700
16765	412	HZ 1180M A	26/AZ 25-800	18175	467	HZ 1180M B	24/AZ 26	20975	492	HZ 1180M C	26/AZ 18-10/10
16810	411	HZ 1080M D	26/AZ 28-750	18210	444	HZ 1180M B	26/AZ 30-750	21180	509	HZ 1180M C	26/AZ 26
16810	420	HZ 1180M B	24/AZ 13-700	18265	450	HZ 1180M B	26/AZ 32-750	21705	508	HZ 1180M D	26/AZ 18-10/10
16810	438	HZ 1180M B	24/AZ 32-750	18285	452	HZ 1080M D	26/AZ 26	21905	526	HZ 1180M D	26/AZ 26
16815	423	HZ 1180M B	24/AZ 13-700-10/10	18300	433	HZ 1180M B	26/AZ 13-700				
16850	421	HZ 1180M C	24/AZ 20-800	18310	436	HZ 1180M B	26/AZ 13-700-10/10				
16865	417	HZ 1080M D	26/AZ 30-750	18340	467	HZ 1180M C	24/AZ 26-700				
16870	424	HZ 1180M C	24/AZ 20-800-10/10	18430	436	HZ 1180M C	26/AZ 20-800				
16895	405	HZ 1080M D	26/AZ 13-700	18440	462	HZ 1180M D	24/AZ 28-750				
16905	408	HZ 1080M D	26/AZ 13-700-10/10	18450	439	HZ 1180M C	26/AZ 20-800-10/10				
16925	423	HZ 1080M D	26/AZ 32-750	18490	435	HZ 1180M B	26/AZ 18-700				
16950	411	HZ 1080M C	26/AZ 18-10/10	18495	468	HZ 1180M D	24/AZ 30-750				
16985	421	HZ 1180M C	24/AZ 13-770	18520	441	HZ 1180M B	26/AZ 20-700				
16990	422	HZ 1180M B	24/AZ 18-700	18550	475	HZ 1180M D	24/AZ 32-750				
17005	426	HZ 1180M C	24/AZ 14-770-10/10	18590	446	HZ 1180M C	26/AZ 25-800				
17010	431	HZ 1180M C	24/AZ 25-800	18595	436	HZ 1180M C	26/AZ 13-770				



Geschützte Markenzeichen

ArcelorMittal ist Eigentümer der nachfolgend genannten Markenzeichen:

„AS 500“, „AU“, „AZ“, „GU“, „HZ“, „PU“, „AMLoCor“, „AKILA“, „Seline“, „Beltan“, „ROXAN“, „Arcoseal“, „XCarb“, „EcoSheetPile“.

In Mitteilungen und Dokumenten muss das Symbol ™ oder ® an erster Stelle oder an der prominentesten Stelle hinter dem Markenzeichen stehen, zum Beispiel: AZ™, AU™.

Der Inhaber der Marke muss in allen Mitteilungen und Dokumenten, in denen die Marke verwendet wird, genannt werden, z. B.:

AZ ist ein geschütztes Markenzeichen der ArcelorMittal Gruppe.

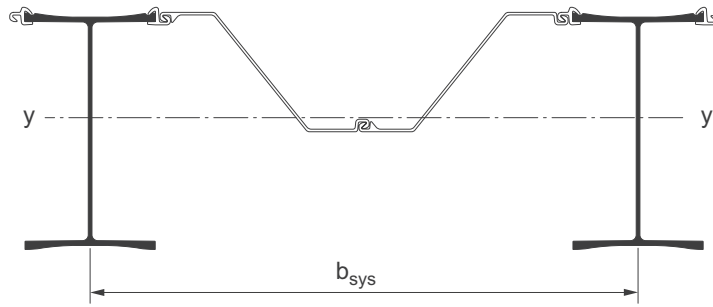
AU, AZ und HZ sind geschützte Markenzeichen der ArcelorMittal Gruppe.

AZ 25-800 ist eine Stahlspundbohle, die ausschließlich von der ArcelorMittal Gruppe hergestellt wird.

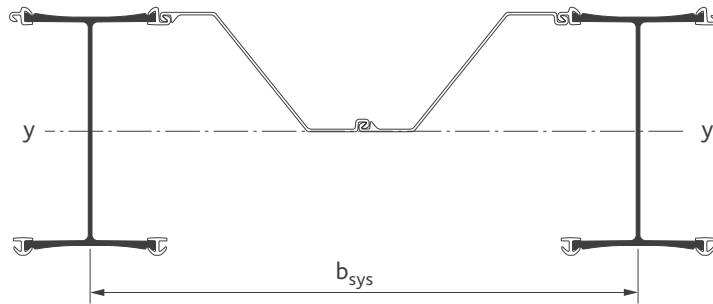
Hinweis

Alle Informationen und Empfehlungen in dieser Dokumentation dienen nur der allgemeinen Information. Die Angaben sind ohne Gewähr. ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l. übernimmt keine Haftung für Fehler, Auslassungen oder missbräuchliche Nutzung der beigefügten Informationen und lehnt hiermit jegliche Haftung ab, die sich aus der Möglichkeit oder Unmöglichkeit der Nutzung der darin enthaltenen Informationen ergibt. Nutzung der Informationen auf eigene Gefahr und eigenes Risiko. ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l. kann in keinem Fall für Schäden haftbar gemacht werden, einschließlich entgangener Gewinne, entgangener Einsparungen oder anderer beiläufig entstandener Schäden oder Folgeschäden, die sich aus der Nutzung der hierin enthaltenen Informationen oder aus der Unmöglichkeit ihrer Nutzung ergeben sollten. Änderungen an unserem Spundwandsortiment vorbehalten.

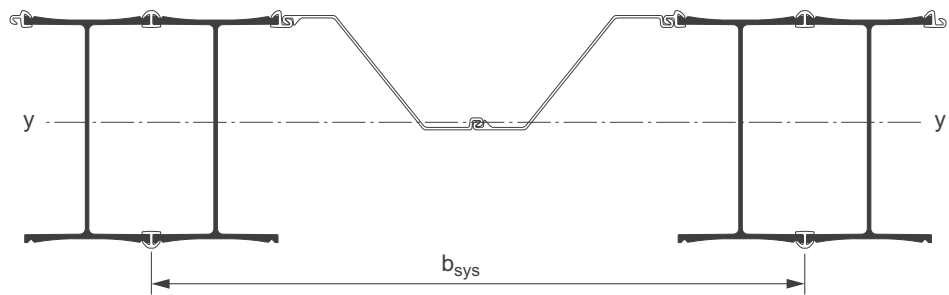
Kombination 12



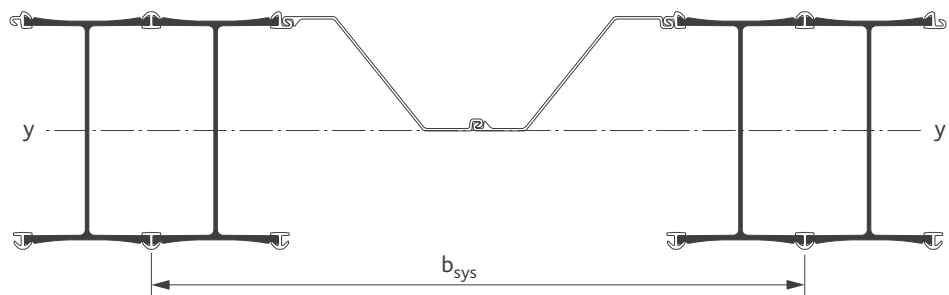
Kombination 14



Kombination 24



Kombination 26



ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.
Spundwand

66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch sur Alzette (Luxemburg)

E spundwand@arcelormittal.com
spundwand.arcelormittal.com

 Hotline: (+352) 5313 3105

 ArcelorMittal SP

 ArcelorMittal Sheet Piling