



PollerMax GmbH

Benzstrasse 32
48619 Heek

**IBV Bockhold und Vossen
Beratende Ingenieure PartGmbH**

Elbestraße 7
D-45768 Marl

**Entwicklung eines nachhaltigen, ressourcensparenden
Sicherheitspoller im Straßenraum**

Abschlussbericht

Über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem
Az: 35351 von der Deutschen Umweltstiftung Umwelt

Von

Andreas Rosery, Jürgen Weitkamp

PollerMax GmbH, Heek

Prof. Dr.-Ing. Jörg Bockhold

IBV Bockhold und Vossen, Marl

Heek, Nov 2020

I. Projektkennblatt

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	35351/01	Referat	23	Fördersumme	66.901 €
Antragstitel		Entwicklung eines nachhaltigen, ressourcensparenden Sicherheitspollers im Straßenraum			
Stichworte		Produkte, Produktentwicklung, Materialien, Ressourceneffizientes Produkt, Werkstoffe			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
10 Monate	12.11.2019	12.09.2020	1		
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger		PollerMax GmbH Benzstrasse 32 48619 Heek		Tel 02568/9355301	
				Projektleitung A. Rosery (GF) PollerMax	
				Bearbeiter A. Rosery (GF) PollerMax	
Kooperationspartner					
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Im Bereich der Herstellung und Verwendung von Sicherheitspollern hielt der Stand der Technik nicht dem ökologischen Anspruchsdenken der Bevölkerung stand. Eine Verschwendung von endlichen Ressourcen konnte nicht das Ziel sein, um Sicherheit für z.B. Versammlungsplätzen zu schaffen.</p> <p>Es war also eine Lösung zu finden, die es erlaubt, Nachhaltigkeit unter Verwendung von Rezyklierten Gesteinsbrocken in einem Sicherheitspoller zu implementieren. Dieser Ansatz wurde durch eine geschickte Geometrie, die einem angreifenden Fahrzeug die notwendige Widerstandskraft entgegenhält und unter Verwendung von RC- Beton, umgesetzt.</p> <p>Ziel musste sein, einen Crashtest nach normierten Bedingungen mit einem guten Ergebnis zu bestehen. Hierzu wurde am Ende der Entwicklung der Beweis erbracht, dass RC-Beton durchaus geeignet ist, massive Kräfte, vergleichbar zu Frischbeton, aufzunehmen.</p> <p>Es sollte ein Sicherheitspoller entwickelt werden, der Marktpotential hat und dem zeitgemäßen ökologischen Anspruchsdenken der Bevölkerung nahekommt.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p>Die gewählten methodischen Ansätze zur Entwicklung eines nachhaltigen, ressourcensparenden Sicherheits-Pollers im Straßenraum hatte wie folgt ausgesehen:</p> <p>Nach dem bisherigen Kenntnisstand und den Erfahrungen aus bisher gefertigten Sicherheitspollern, wurde enorm viel Frischbeton vor Ort auf der Baustelle vergossen. Der Angang mit Fertigbeton als Fabrik-Vorfertigung war hier das Mittel unserer Wahl. Dieses ermöglichte standardisierte Prozesse, die in einzelnen Arbeitspaketen durchgeführt wurden.</p> <p>Analyse des Standes der Technik der am Markt verfügbaren Sicherheitspoller. Berücksichtigung der Prüfnormen für einen am Ende des Projektes erforderlichen Crashtestes Anstreben eines Prüfergebnisses, welches mindestens gleichwertig dem eines Standard Sicherheitspollers ist.</p>					

Die vorliegenden Erkenntnisse wurden in die Projektierung und Auslegung eingebracht, Sicherheitspoller mit Crashtest Zertifikat liegen vor, Erkenntnisse aus Vormessungen wurden berücksichtigt.

Verschiedene Geometrien wurden unter ökologischen Kriterien, Machbarkeiten und Nachhaltigkeiten geprüft, simuliert und gerechnet. Simulationen wurden am Computer mit geeigneten Simulationsprogrammen (FEM Finite Element Methode) durchgeführt. Optimierungen wurden aufgrund der FEM Analyse eingebracht.

Die Bewehrung musste den physischen Gegebenheiten angepasst und bemessen werden, dass es so wenig wie möglich, so viel wie möglich an Stabilität brachte.

Nachrechnung und Beweiserstellung, dass die verwendete Geometrie mit entsprechender Bewehrung der Belastungs-Prüfung standhielt.

Unter der Berücksichtigung der Verwendung von RC-Beton wurden folgende Abläufe zur Herstellung eines geeigneten Fundamentes beachtet und durchgeführt:

→ Verwendete Abfallströme → Gesteinskennwerte → Aufbereitung → Festigkeiten → QS → Herstellung

Eine Holzform diente als Schalung und war so ausgelegt, dass sie einer späteren Wiederverwendung standhielt. Gegossen wurde im Betonwerk, unter standardisierten Bedingungen.

Nach erfolgter Aushärtezeit wurde der Sicherheitspoller dem Crashtest unterzogen. Wie beschrieben, fand es unter genormten Bedingungen statt.

Ergebnisse und Diskussion

Basierend auf umfangreichen grundlegenden Arbeiten im Labor wurde zeitig im Projekt klar, dass der gewählte Ansatz vielversprechend war. Eine grundsätzliche „TETRIS“ Lösung war aufgrund mangelnder Verankerung und individueller Crashtests nicht sinnvoll. Hiervon abgeleitet war der Angang mit einem Kernpoller und einem RC-Beton als Ringelement das Mittel der Wahl. Es war einfach auf der Baustelle zu montieren und für Dritte einfach umzusetzen. Es benötigte nur geringe Kenntnisse im Bereich Tiefbau, um solch einen RC-Beton Poller einzubringen.

Das überraschende Ergebnis des Crashtestes war, dass nur wenig Ressource benötigt wurde um eine Klassifizierung von „-0,2m“ Penetration zu erreichen. Hiervon waren alle Beteiligten sehr überrascht, denn eine MINUS Penetration war nicht zu erwarten.

Mit den vorliegenden Erkenntnissen wird es zukünftig möglich sein, auch weitere Klassifizierungen mit einem ähnlichen Angang zu erzielen. Es sollte unser aller Anspruch sein, möglichst geringe Mengen an endlichen Materialien zu verwenden und Kreislaufwirtschaft anzustreben.

Das Projekt konnte somit als sehr erfolgreich eingeschätzt werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Für die Öffentlichkeitsarbeit und insbesondere für die Verbreitung der Ergebnisse ist PollerMax GmbH als Fachfirma zuständig. Wir hatten mit der Stadt Münster bereits eine Namenhafte Stadt, die Wert auf Sicherung von öffentlichen Plätzen legte. Nicht zuletzt wegen eines Anschlages im Stadtinneren von Münster, war diese Stadt dahingehend maximal sensibilisiert.

Erste Installationen sollten in diesem Jahr noch stattfinden. Daher war Münster sicherlich ein erster Schritt um dieses nachhaltige, ressourcenschonende Konzept der Öffentlichkeit zu präsentieren. Weitere Städte wie Dülmen folgten dem Vorreiter in Münster, auch hier wurde eine Installation noch in diesem Jahr geplant und durchgeführt.

Fazit

Die in diesem Bericht vorgestellte Methode zur Herstellung eines nachhaltigen, ressourcensparenden Sicherheits-Pollers im Straßenraum versteht sich als gelungene Alternative zum jetzigen Stand der Technik. Es hat das Potential, am Markt eine Disruptive Technologie, *also das Ablösen eines bekannten Standes der Technik*, Marktdurchdringend zu erzielen.

II. Inhaltsverzeichnis

Inhalt

Abschlussbericht.....	1
I. Projektkennblatt	2
II. Inhaltsverzeichnis	4
III. Verzeichnis Bilder und Tabellen.....	5
IV. Verzeichnis Begriffe und Definitionen.....	6
V. Zusammenfassung.....	6
VI. Einleitung	7
VII. Warum findet RC-Beton nur geringe Beachtung	8
VIII. Umweltentlastungspotential	8
IX. Hauptteil	13
a. Sicherheitspoller, Stand der Technik.....	13
b. Kriterien zur Zertifizierung	13
c. Ziel der Zertifizierung	15
d. Erfahrungen mit Sicherheitspoller	15
e. Entwicklung optimaler Poller Geometrie	16
f. Simulation	18
g. Optimierung der Geometrie (Bewährung).....	20
h. Auslegung der Statik	20
i. Eingesetzte Materialien und Herstellung	37
(01) <i>Verwendete Abfallströme:</i>	37
(02) <i>Gesteinskennwerte:</i>	37
(03) <i>Aufbereitung</i>	37
(04) <i>Festigkeiten:</i>	38
(05) <i>QS:</i>	38
(06) <i>Herstellung:</i>	38
j. Formenbau und Gießen.....	39
k. Crashtest.....	40
l. Rückbau Fundamente.....	47
m. Erreichte Klassifizierung (IWA141)	47
X. Fazit	49
XI. Erste Referenzen.....	49
XII. Literaturverzeichnis, angewandte Normen	50
XIII. Anhänge.....	50

III. Verzeichnis Bilder und Tabellen

Abbildung 1:Auszug TISO High Security Automatic Bollard Rev3.0 06.2019 (1).....	8
Abbildung 2: Auszug TISO High Security Automatic Bollard Rev3.0 06.2019 (2).....	9
Abbildung 3 Kernfundament des RC-Poller.....	10
Abbildung 4 Ringfundament RC-Poller	10
Abbildung 5: Beispiel Frischbetonverarbeitung Sicherheitspoller	13
Abbildung 6 Auszug IWA 14-1.....	14
Abbildung 7 Auszug IWA 14-1.....	15
Abbildung 8 Auszug IWA 14-1.....	15
Abbildung 9 Modell mit Tiefgründung.....	16
Abbildung 10 Modulbau	17
Abbildung 11 Modulbau (3)	17
Abbildung 12 FEM Ansicht 1.....	18
Abbildung 13 FEM Ansicht 2.....	18
Abbildung 14 Auszug aus FEM Analyse.....	18
Abbildung 15 Gewählte Abmaße RC Poller	19
Abbildung 16 Fundamentdarstellung Statik.....	22
Abbildung 17 Statik inneres Fundament.....	23
Abbildung 18 Statik Äußeres Fundament.....	25
Abbildung 19 Querkraftbewehrung Längsschnitt.....	26
Abbildung 20 Äußeres Fundament FE Programm 1	29
Abbildung 21 Äußeres Fundament FE Programm 2.....	30
Abbildung 22 Äußeres Fundament FE Programm 3.....	30
Abbildung 23 Äußeres Fundament FE Programm 4.....	31
Abbildung 24 Freigemachter Stahlpoller.....	32
Abbildung 25 Bemessung der Stahlpollers.....	33
Abbildung 26 Köchereispannung Stahlrohr	36
Abbildung 27 Formenbau	39
Abbildung 28Einbau Poller CTS.....	40
Abbildung 29 Verguss Kunststoffmörtel CTS.....	40
Abbildung 30 Maße Testfahrzeug.....	41
Abbildung 31 Testfahrzeug vor RC Sicherheitspoller	41
Abbildung 32 Crashtest Bildersequenz Seitenansicht	42
Abbildung 33 Crashtestergebnis (zerlegter LKW)	43
Abbildung 34 Pollerbetrachtung nach Crashtest	44
Abbildung 35 Zusammenfassung Prüfbericht	46
Abbildung 36 Rückbau Sicherheitspoller	47
Abbildung 37 Zertifikat / Klassifizierung Crashtest.....	48
Abbildung 38: Münster Überwasserkirche.....	49
Abbildung 39: Dülmen Westring.....	49

IV. Verzeichnis Begriffe und Definitionen

IMPACT Test	-	Crash-Test
IWA 14-1	-	International Workshop Agreement
RC-Beton	-	Recycling Beton
Penetration Rate	-	Erreichte LKW-Eindringtiefe im Poller

V. Zusammenfassung

In diesem Bericht sind die Ergebnisse eines Projekts zur Entwicklung eines nachhaltigen, ressourcensparenden Sicherheits-Pollers im Straßenraum dargestellt. Das Projekt wurde im Zeitraum vom 12.11.2019 bis 12.09.2020 durchgeführt.

Dabei ging es darum, einen fabrikfertigen, umweltschonender Sicherheits-Poller zu entwickeln (Metallpoller eingebunden in z.B. Betonscheiben aus mitunter RC-Beton) der in der Gesamtheit wie ein klassischer Sicherheits-Poller Verwendung findet.

Hierzu muss geprüft werden, inwieweit dieses möglich und auch umsetzbar ist. Die Anprall-Lasten, die für einen solchen Widerstandspoller gelten, müssen sich mit denen von z.B. C40 Beton eingebundenen Pollern messen lassen. Dieses muss nicht im Widerspruch stehen, sondern soll vielmehr als Ersatz und Innovation dienen.

Durch intelligente Einbindung des eigentlichen Pollers in der Betonstruktur und ressourcenschonende, detaillierte bzw. akribisch berechnete Bewehrung bzw. Armierung steckt ein riesiges Potential an Ressourcenschonung. Hier kann unter Verwendung von z.B. RC-Beton in statisch nicht relevantem Raum effektiv und umweltschonend endliches mineralisches Material eingespart werden. Der Stoffkreislauf im Sinne der Kreislaufwirtschaft wird hiermit erfüllt.

Durch die Verwendung von modularen Fertigbetonelementen in der Fabrik ist eine Verschachtelung koppelbarer, einzelner RC-Beton-Scheiben in Verbindung mit statischen Bauteilen realisierbar. Der Aufbau ist ähnlich dem Prinzip von TETRIS und individuell verschachtelbar. Hier ist es auch möglich, durch ressourcenschonenden Angang, Hohlstellen zu generieren die statisch keinen relevanten Einfluss haben. Eine flache Anordnung ist vorzuziehen, um möglichst geringe Widerstände in Form von Störkonturen zu haben.

Um die vorgenannte Aufgabe zu erreichen, ist es notwendig, detailliert die maximal mögliche Festigkeit zu ermitteln und in der Betonstruktur zu erreichen. Dafür werden zerstörende Prüfungen notwendig sein. Die Menge und Anordnung an Armierung spielt eine entscheidende Rolle, hier ist der Balanceakt zwischen Konstruktion und geschickter Anordnung dieser gefragt. Der Anspruch dieser Entwicklung muss sein, möglichst geringe endliche Materialien zu verwenden und gleichwohl ein Höchstmaß an Widerstandskraft gegen mechanische Einwirkung zu erhalten.

Das Projekt wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert (AZ 35351/01).

VI. Einleitung

In der heutigen Gesellschaft wird es zunehmend schwieriger, Menschenansammlungen, Güter und öffentlich erreichbare Plätze zu sichern. Dieser Umstand führt dazu, dass Maßnahmen getroffen werden müssen, die es einem Betreiber erlauben ein Schutzkonzept zu erstellen, mit dem alle Beteiligten die Sicherheit möglichst umfänglich erzielen. Das Schutzziel kann klar definiert werden und Lösungen können angestrebt werden. Eine dieser Lösungen sieht vor, dass Sicherheitspoller an geeigneter Stelle diesem Schutzziel dienen. Es hat in der Historie einige Anschläge gegeben, die die Gesellschaft wachgerüttelt haben. Unsagbares Leid kann mit nur geringem Aufwand durch Fanatiker generiert werden.

Diese Motivation, mit nachhaltigen Installationen eine Sicherheit zu schaffen, die ein Minimum an Ressourcen verbraucht und Sicherheit für Mensch und Objekte darstellt ist der Anfang für einen nachhaltigen, ressourcensparenden Sicherheits-Poller im öffentlichen Straßenraum.

Der Stand der Technik sieht vor, dass der technische Teil der Sicherheitspoller in Fabriken hergestellt wird. Das sieht so aus, dass Bleche, Antriebe und sonstige zum Betrieb notwendige Bauteile im Werk gefertigt werden. Diese Bauteile kommen zunächst teilweise an die Baustellen (Ort der späteren Poller) und werden dort aufwendig in Frischbeton eingebunden. Es handelt sich hier um eine Baustelle, die sich über Wochen hinzieht und ganz nebenbei auch noch die anliegenden Geschäfte massiv beeinträchtigt. Die Sicherheitspoller, die so eingebaut werden, sind im wahrsten Sinne „in Stein gemeißelt“. Die Mengen Frischbeton, mit denen hier endliche Ressourcen im Boden verbaut werden, entsprechen in keiner Hinsicht dem ökologischen Gedanken der heutigen Gesellschaft. Um diese Poller später zu versetzen oder Leitungen, die unterhalb dieser Poller verlegt sind zu reparieren, muss der große Presslufthammer herhalten. Also ist der Anspruch klar gegeben und ein mobiler Poller mit RC-Beton muss in möglichst kleinen abmaßen diesen Stand der Technik ablösen. Es ist zu vermeiden, dass bei zunehmender Verpollerung der Innenstädte vorgenannte negative Punkte einer Nachhaltigkeit entgegenwirken. RC-Beton ist schon heute nicht mehr wegzudenken. Die Zeit in der RC-Beton nur als Abfall und Füllstoff Verwendung findet ist abgelaufen. Versuche mit definierten Körnungen und geschickter Zusammenstellung von Armierungen sollen einen einfachen, modularen und weitestgehend Grünen Poller entstehen lassen.

VII. Warum findet RC-Beton nur geringe Beachtung

RC-Beton ist im Bauwesen noch nicht ganzheitlich angekommen, woran liegt das? Die vorliegenden Normen DIN EN 2016, EC2, DIN EN 12620 gemeinsam mit der DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 2016-1 und DIN und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ lassen einen Einsatz von RC-Beton unter bestimmten Bedingungen ohne weiteres zu. Wesentliche Eigenschaften des RC-Beton sind vergleichbar mit denen von Normalbeton, auch der E-Modul. Ggf. muss der RC-Beton gesondert ermittelt werden, falls erforderlich.

Für unser Projekt eines „nachhaltigen, ressourcenschonenden Sicherheitspoller“ gilt es zu beweisen, dass RC-Beton durchaus eine Berechtigung vorzuweisen hat.

VIII. Umweltentlastungspotential

Betrachtung und Gegenüberstellung von herkömmlichen Sicherheitspollern (Herstellung mit Frischbeton) mit den ressourcenschonenden Sicherheitspollern dieses, von der DBU geförderten, Projektes (RC-Beton).

Volumenbetrachtung herkömmlicher Sicherheitspoller (N2A nach IWA 14-1):

Herkömmlicher Sicherheitspoller, Fa. TISO Global:

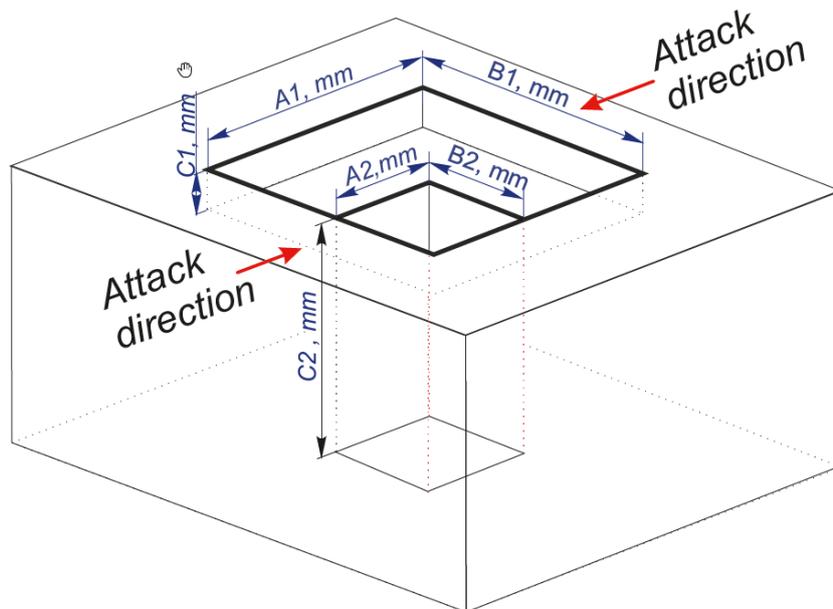


Abbildung 1: Auszug TISO High Security Automatic Bollard Rev3.0 06.2019 (1)

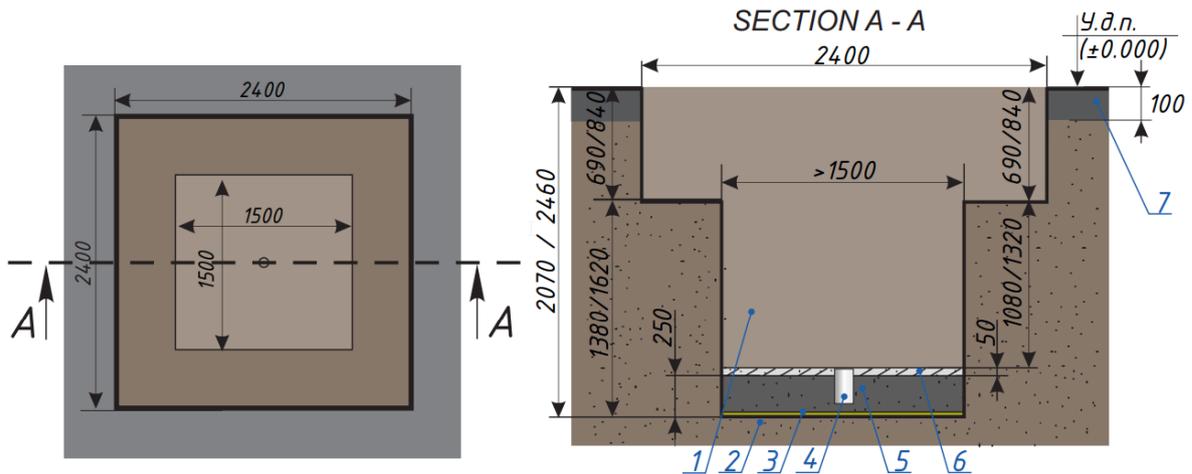


Table 4. Pit depth

Model	Pit depth		
	C	C1	C2
RB348 (K8)	2070	690	1380
RB342 (K12)	2460	840	1620

Legend:

1. Pit;
2. Sand cushion;
3. Geotextile (EN 13256-2009);
4. 10-20 mm grain size gravel (BS EN 13043);
5. PVC 57 drain pipe (EN 1401-1);
6. 50 mm protective concrete layer (C25/30 ENV206);

Abbildung 2: Auszug TISO High Security Automatic Bollard Rev3.0 06.2019 (2)

$$A1 \times B1 \times C1 = 2400\text{mm} \times 2400\text{mm} \times 690\text{mm}$$

$$A2 \times B2 \times C2 = 1500\text{mm} \times 1500\text{mm} \times 1130\text{mm}^{(2)}$$

Sicherheitspoller-Volumen (Hohlraum) 780mm x 830mm x 1770mm

Hieraus ergibt sich eine Frischbetonmenge von **5,371m³** (*)

(*) incl. Bewehrung ist mit 8 Volumen % angenommen

$$^{(2)} 1380\text{mm} - 250\text{mm} = 1130\text{mm}$$

RC-Sicherheitspoller, DBU Projekt Nr. 35351/01:

Der ressourcenschonende Sicherheitspoller ist in zwei Fundamentblöcken aufgeteilt. Der innere besteht aus klassischen, herkömmlichen Fertigbeton, das Ringfundament besteht aus RC-Beton.

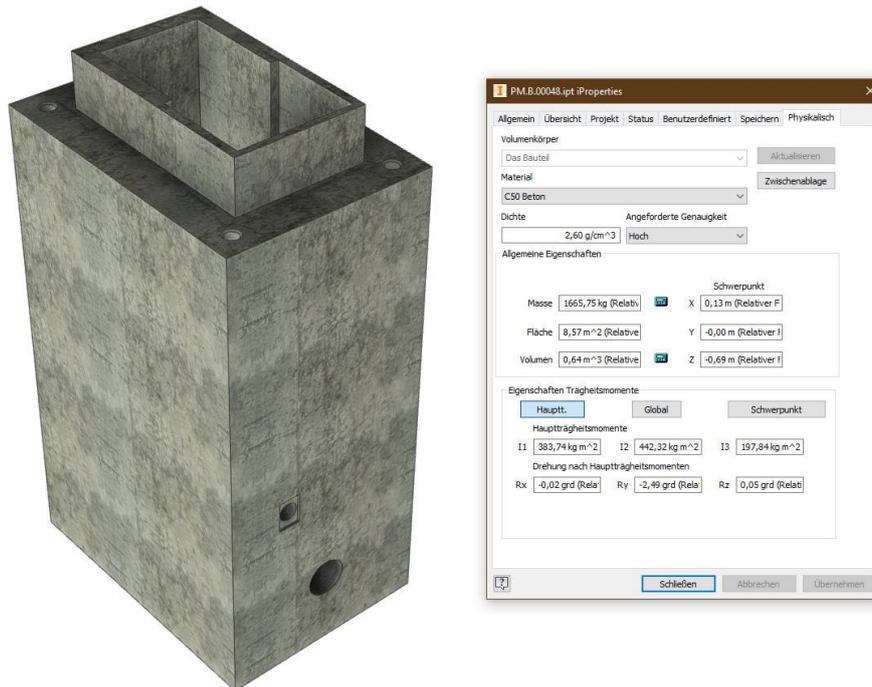


Abbildung 3 Kernfundament des RC-Poller

Volumen aus klassischem Fertigbeton (Güte C50/60, XC2 / WF): **0,64 m³ (*)**

(*) incl. Bewehrung ist mit 8 Volumen % angenommen

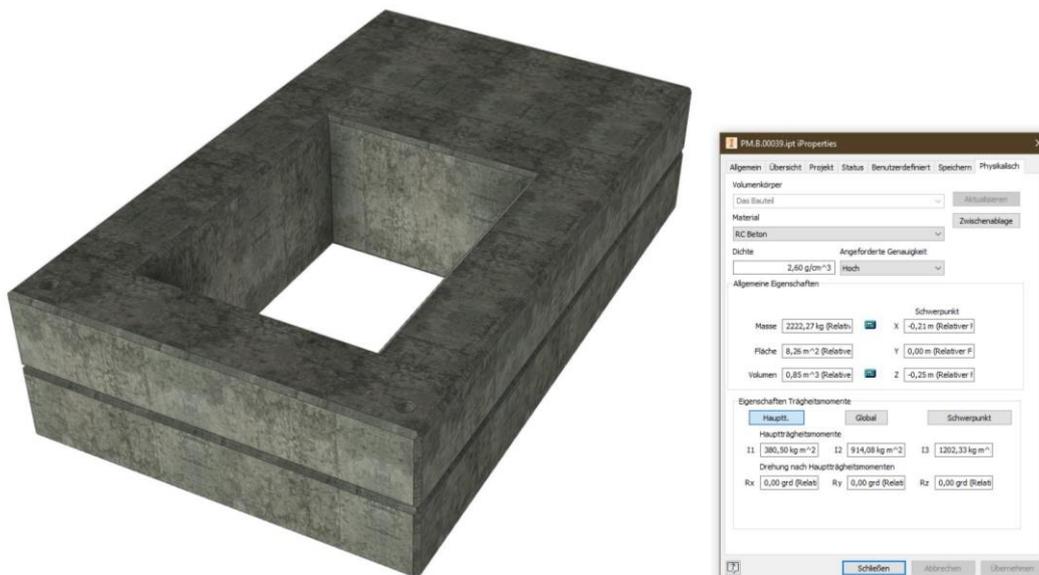


Abbildung 4 Ringfundament RC-Poller

Volumen aus RC-Beton (Güte C30/37, XC2 / WF): **0,85 m³ (*)**

(*) incl. Bewehrung ist mit 8 Volumen % angenommen

Gegenüberstellung Klassischer Frischbeton-Sicherheitspoller mit ressourcensparendem RC Beton Sicherheits-Poller

Verglichen werden jeweils Sicherheitspoller der gleichen Anforderungsklasse nach IWA14-1 (50km/h bei 7.200kg)

Klassisches Volumen:	5,371 m³
RC-Beton-Poller	0,64m³ + 0,85m³ = 1,49 m³

Der Bedarf an Sicherheitspollern in der EU ist riesig, eine genaue Quantifizierung ist schwer zu beziffern da die Gewichtung der Sicherheit an z.B. öffentlichen Plätzen lokal entschieden wird. Diese Entscheidung ist weitestgehend abhängig von den finanziellen Möglichkeiten der Kommune, Gemeinde, Stadt oder Landkreis.

Um einen Eindruck über den Bedarf zu bekommen, ist hier einmal die Bundeshauptstadt exemplarisch für Großstädte zu sehen. Hier ist zunächst einmal die Anzahl der öffentlichen Plätze zu beziffern, zählt man diese zusammen so kommt am auf eine Anzahl, allein in Berlin, von 122 öffentlichen Plätzen. Diese bedürfen den besonderen Schutz der Stadt da hier ein hohes Angriffs- bzw. Terrorpotential vorliegt. All diese öffentlichen Plätze haben „Anschlag begünstigende Zuwegungen“, die es für anwesende Personen und Gegenständen zu sichern gilt. Berlin ist bewusst gewählt, da hier am 19.12.2016 der verheerende Anschlag auf dem Breitscheidplatz durch einen terroristischen Akt durchgeführt wurde.

Des Weiteren sind im Visier von Terroristen z.B. Synagogen. Juden sind durch zunehmenden Antisemitismus und der Deutschen Geschichte eine Bevölkerungsgruppe die vom Bund besonderer Beachtung geschenkt wird. Auch hier legt der Gesetzgeber einen hohen Wert auf sichere Einrichtungen, die es zu sichern gilt.

Nicht zu vernachlässigen sind die Sehenswürdigkeiten, die es in einer mannigfachen Anzahl gibt. Diese sind immer wieder Ziel terroristischer Attentate. Grob überschlagen gibt es rund 200 Sehenswürdigkeiten die von Touristen, Schülergruppen usw. in Berlin regelmäßig besucht werden. Auch hier legt der Gesetzgeber höchsten Wert auf den Schutz der Bürger.

Die vorgenannten Örtlichkeiten, angefangen von öffentlichen Plätzen, über Synagogen und Sehenswürdigkeiten stellen nur einen Teil der Notwendigkeit von Orten dar, an denen Sicherheitspoller verbaut werden sollten. Da die Finanzierung solcher Maßnahmen enorme Summen verschlucken würde, gehen wir exemplarisch von folgenden Annahmen aus:

Öffentliche Plätze Berlin: Anzahl 122

122 öffentliche Plätze mit im Schnitt 4 Zufahrten von gefahrbegünstigenden Stellen. Jede Zufahrt wird mit ca. 8 Sicherheitspollern gesichert.

$$122 \times 4 \times 8 = 3.904 \text{ Sicherheitspoller}$$

Synagogen Berlin: Anzahl 11

11 Synagogen mit im Schnitt 2 Zufahrten von gefahrbegünstigenden Stellen. Jede Zufahrt wird mit ca. 10 Sicherheitspollern gesichert.

$$11 \times 2 \times 10 = 220 \text{ Sicherheitspoller}$$

Sehenswürdigkeiten Berlin: Anzahl 201

201 Sehenswürdigkeiten mit im Schnitt 2 Zufahrten von gefahrbegünstigenden Stellen. Jede Zufahrt wird mit ca. 8 Sicherheitspollern gesichert.

$$201 \times 2 \times 8 = 3216 \text{ Sicherheitspoller}$$

Diverses¹ Berlin: Anzahl 300

300 Sehenswürdigkeiten mit im Schnitt 2 Zufahrten von gefahrbegünstigenden Stellen. Jede Zufahrt wird mit ca. 6 Sicherheitspollern gesichert.

$$300 \times 2 \times 6 = 3600 \text{ Sicherheitspoller}$$

¹ Sportstätten, Bushaltestellen, Park, [...]

Hochrechnung Bedarf Berlin: 10.940 Sicherheitspoller

Nur in Deutschland gibt es rund 81 Großstädte mit mehr als 100.000 Einwohnern. Berlin ist aufgrund der historischen Bedeutung sicher herausragend.

Hier wird Berlin als Referenz betrachtet, allein daraus ergibt sich folgende Hochrechnung:

Beton Bedarf herkömmliche Sicherheitspoller (SP):

$$10.940 \text{ (SP)} \times 5,371\text{m}^3 \times 0,92 = \mathbf{54.058 \text{ m}^3 \text{ Frischbeton}}$$

Beton Bedarf ressourcenschonender Sicherheitspoller aus RC-Beton:

$$10.940 \text{ (SP)} \times (0,64\text{m}^3 + 0,85\text{m}^3) \times ,92 = \mathbf{14.997 \text{ m}^3 \text{ RC- und Fertigbeton}}$$

Davon RC-Beton:

$$10.940 \text{ (SP)} \times 0,85 \text{ m}^3 \times 0,92 = \mathbf{8.555 \text{ m}^3 \text{ RC-Beton}}$$

Nach dieser Hochrechnung (nur) für Berlin werden, allein durch die Verwendung des hier entwickelten RC-Fertigbeton Sicherheitspoller, Ressourcen von **39.061 m³ Frischbeton eingespart**. Des Weiteren sind **8.555m³ RC-Beton** in dieser Betrachtung positiv einzubinden, da die gleiche Menge **Frischbeton substituiert** wird. Im Klartext sind unter dieser Betrachtung also **47.616m³ Gesamt-Frischbeton allein in Berlin ein mögliches Einsparungspotential**.

IX. Hauptteil

a. Sicherheitspoller, Stand der Technik

Den Stand der Technik spiegelt eine breite Palette am Markt verfügbare Sicherheitspoller wider. Es sind hier im Wesentlichen zu nennen, die „Statischen Sicherheitspoller“ und die „Dynamischen Sicherheitspoller“. Im vorliegenden Projekt betrachten wir die „Dynamischen Sicherheitspoller“. Hier wird durch nur wenige Hersteller ein relativ gleichbleibender Stand der Technik vorgegeben. Hersteller sind z.B. die Fa. Hörmann und die Fa. FAAC, um nur die Größten zu nennen. Diese heben eine Grube aus, sichern die Wände gegen Einsturz und bewähren die späteren Fundamente. Im Anschluss wird ein Stahlkorpus, der den Poller aufnimmt, positioniert. Nach diesem Schritt wird Frischbeton eingefüllt. Einige Schalungen werden als verlorene Schalung vorgesehen, andere werden später für den Wiedergebrauch demontiert. Die Grube wird angefüllt und der Frischbeton kann die folgenden 28 Tage aushärten.



Abbildung 5: Beispiel Frischbetonverarbeitung Sicherheitspoller

b. Kriterien zur Zertifizierung

Im Sicherheitspoller Bereich werden zum Nachweis der Widerstandsklasse Crash-Test notwendig. Eine FEM (**F**enite **E**lement **M**ethode) Analyse wird gegenwärtig nicht zugelassen.

Im Wesentlichen gibt es drei Normen, an denen man sich orientiert. Letztendlich folgen alle drei Normen dem gleichen Ziel, Kinetische Energie umzuwandeln in Verformungsenergie des, im Falle eines Terroranschlages, gefahrbringenden LKWs.

Folgende Normen finden Anwendung im vorliegenden Fall:

- PAS68:2013 (Britisch)
- ASTM F2656-07 (Amerikanisch)
- IWA 14-1 (Europäische Norm)

Für uns als Europäer wird die IWA 14-1 herangezogen. Diese beschreibt explizit den Crash Test und zensiert im Anschluss auch das Rating (Klassifizierung).

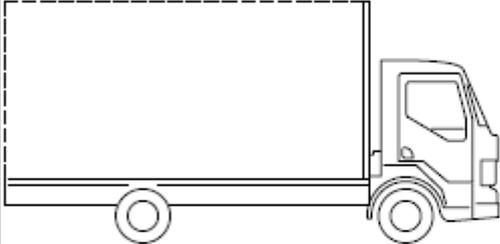
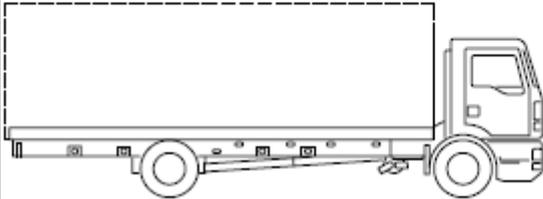
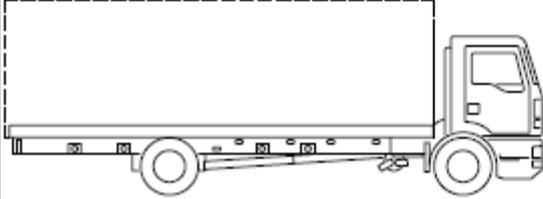
Type of test vehicle	Vehicle classification and description	Test vehicle mass (kg)	Illustration
Car	M1	1 500	
4x4 crew cab pick-up	N1G	2 500	
Flat bed	N1 <i>(single cab)</i>	3 500	
Day cab vehicle	N2A 7 500 kg 2-axle rigid <i>(flat bed, open curtain side or rigid box)</i>	7 200	
	N2B 12 000 kg 2-axle rigid <i>(flat bed, open curtain side or rigid box)</i>	7 200	
	N3C 18 000 kg 2-axle rigid <i>(flat bed, open curtain side or rigid box)</i>	7 200	
	N3D 15 000 kg 2-axle rigid <i>(flat bed, open curtain side or rigid box)</i>	12 000	

Abbildung 6 Auszug IWA 14-1

Im vorliegenden Projekt wird ein Sicherheits-Poller der Klasse N2A getestet. Hier wird ein 2-Achsiger LKW mit 7200kg Gesamtgewicht mit einer Geschwindigkeit von 48km/h. In folgender Tabelle werden die Geschwindigkeitstoleranzen vorgegeben.

		Impact speed (km/h) ^{A)}						
		16 ⁺³ ₋₁	32 ⁺³ ₋₁	48 ⁺³ ₋₁	64 ⁺³ ₋₁	80 ⁺⁴ ₋₂	96 ⁺⁴ ₋₂	112 ⁺⁴ ₋₂
Vehicle classification	M1	yes	yes	yes	yes	yes B)	yes B)	yes B)
	N1G	yes	yes	yes	yes	yes B)	yes B)	yes B)
	N1	yes	yes	yes	yes	yes B)	yes B)	no
	N2	yes	yes	yes	yes	yes B)	no	no
	N3	yes	yes	yes	yes	yes B)	no	no

^{A)} The impact speed shall be stated in km/h in the test report.

Abbildung 7 Auszug IWA 14-1

c. Ziel der Zertifizierung

Das Ziel der Zertifizierung muss sein, dass eine Penetration Rate < „5“ (entspricht 5m) erreicht wird. Gemessen wird der Abstand nach dem Test, der LKW sollte zerstört sein und der Sicherheits-Poller sollte noch stehen. Es wird der Abstand zwischen dem Führerhaus und der Ladefläche (als ein Punkt) und dem Abstand zum Sicherheits-Poller gemessen.

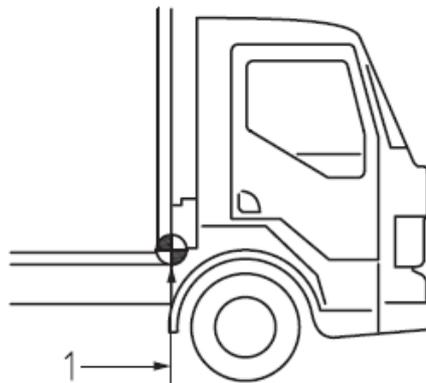


Abbildung 8 Auszug IWA 14-1

Ein Scheitern liegt vor, wenn die Eindringtiefe des LKWs zu groß ist. Das würde auf mindestens ein schwaches Widerstands-Bauteil hindeuten.

d. Erfahrungen mit Sicherheitspoller

Es liegen Erfahrungen in Bezug auf Sicherheits-Poller bei PollerMax GmbH vor. PollerMax hat im Jahr 2018 einen erfolgreichen Crash Test bei der DEKRA auf dem Testgelände der DEKRA in Eggebek durchgeführt (Prüfbericht 201845758 vom 17.12.2018). Getestet wurde ein IWA 14-1 Anprallversuch nach N2A mit einer Geschwindigkeit von 80km/h. Ebenfalls, wie im gegenwärtigen Projekt, wurde ein LKW mit 7200kg Gesamtgewicht zerstört. Da bei diesem Lösungsansatz eine Tiefgründung mit Mikrophälen von Ischebeck Verwendung fanden, konnte auch hier mit relativ geringen Betonanteil ein smarterer Sicherheitspoller getestet werden. Hier ist jedoch zu

erwähnen, dass die Mikrophäle mit Zement-Schlämme im Erdreich verankert werden, dass ist, je nach Tiefe (Bodenabhängig) nicht Ressourcenschonend.

Unterstützt wurde der Crash Test durch die UNI Dortmund, diese haben auch Messungen in Bezug auf Dehnung durchgeführt

Die Statik des Sicherheitspoller wurde in Zusammenarbeit mit IBV Vossen und Partner durchgeführt.

e. Entwicklung optimaler Poller Geometrie

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen mit der Tiefgründung und den damit gewonnenen Erkenntnissen und Messwerten, schien zunächst der Angang in gleicher Geometrie des bereits getesteten Pollers gut zu sein. Es soll jedoch auf die Mikrophäle verzichtet werden. Diese sind jedoch nicht zielführend, wenn man als Grundlage „Nachhaltigkeit“ und „Ressourcenschonung“ als oberste Vorgabe hat.

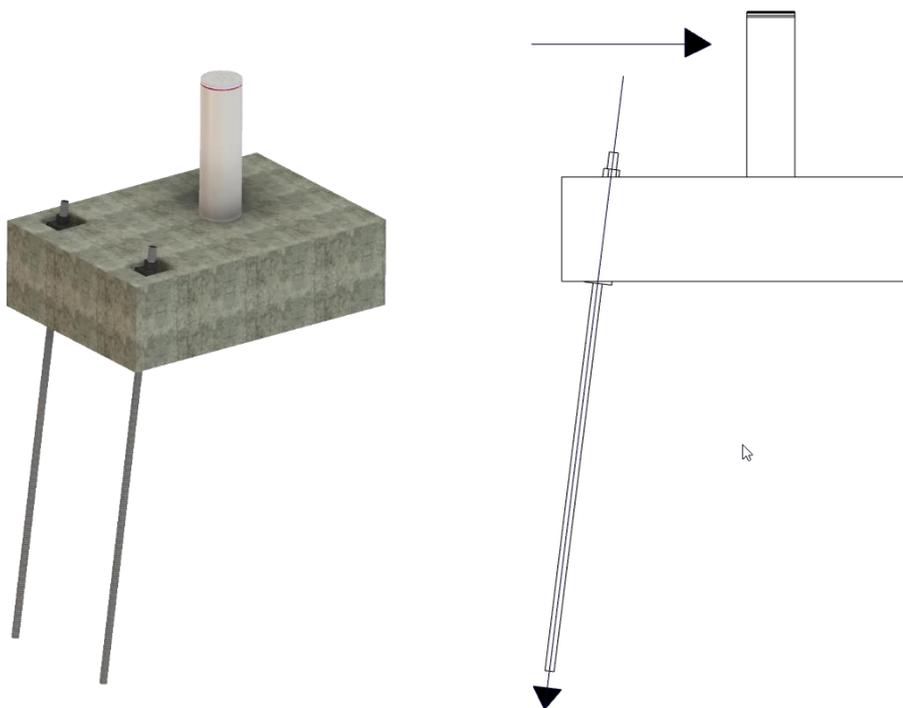


Abbildung 9 Modell mit Tiefgründung

Eine geschickte Anordnung von Betonteilen ist eine Mehrteilige Anordnung. Dieses stellt sicher, dass mit leichtem Gerät auf der Baustelle gearbeitet werden kann. Als Grundidee scheint TETRIS das Mittel der Wahl. Dieses würde auch Probleme in Bezug auf vorhandene Leitungen im Erdreich erheblich reduzieren.

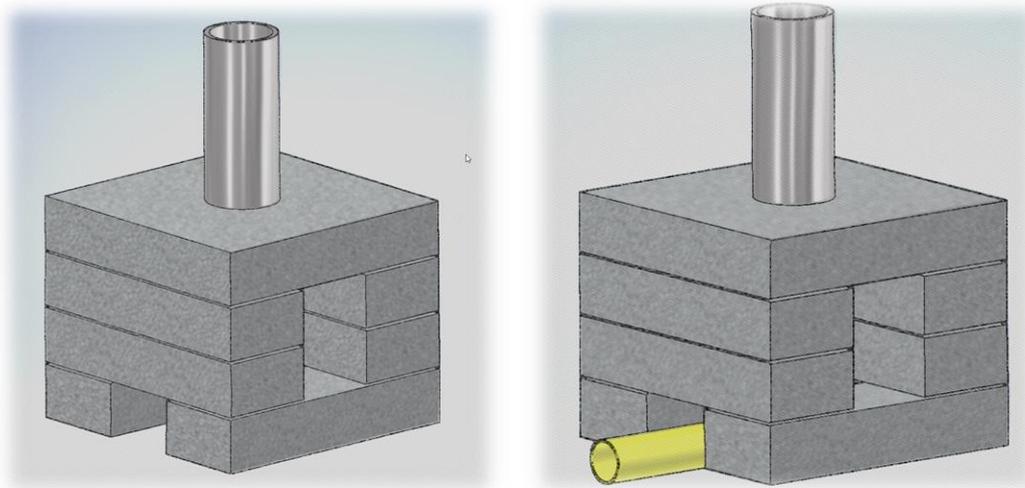


Abbildung 10 Modulbau

Ein Verspannen der einzelnen TETRIS-Scheiben kann mit Gewindebuchsen realisiert werden. Auch ist ein dynamisches Anpassen der Geometrie in Abhängigkeit der sich im Boden befindlichen Leitungen möglich. Dieser Ansatz ist jedoch verworfen auf Grund der angestrebten Zertifizierung. Die Zertifizierung basiert auf einen Poller (als Einheit) und muss für jede Konstellation individuell getestet werden. Dieser Aufwand erscheint wenig Sinnvoll, wenn auch intelligent.

Unter der Annahme, dass der Poller im Erdreich auf Grund der Masse gut verankert ist, ist folgender Ansatz zu prüfen:

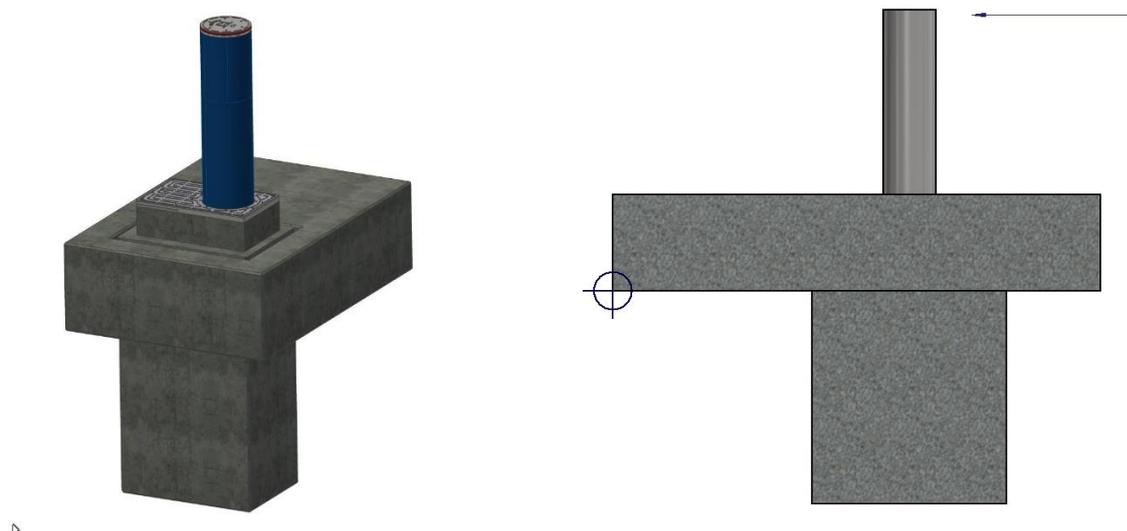


Abbildung 11 Modulbau (3)

Eine Asymmetrische Anordnung vom Pollerrohr wird hilfreich sein, um sicher zu stellen, dass die Masse im Boden nicht ausgehebelt wird.

f. Simulation

Zur Simulation wird ANSYS als digitales Tool zur Unterstützung der Eignungsprüfung eingesetzt. Hier wird anhand von Farbabweichungen klar, wo ggf. Schwachstellen sind, bzw. zu viel Material vorgesehen ist.

Die folgenden Betrachtungen zeigen den Material-Stress bei IMPACT:

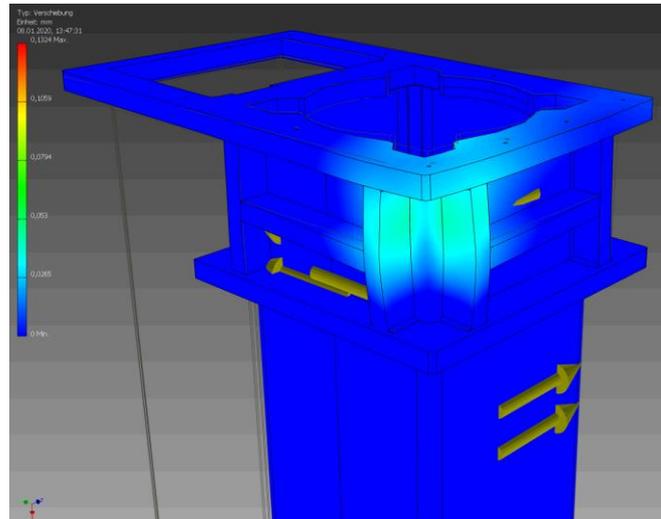


Abbildung 12 FEM Ansicht 1

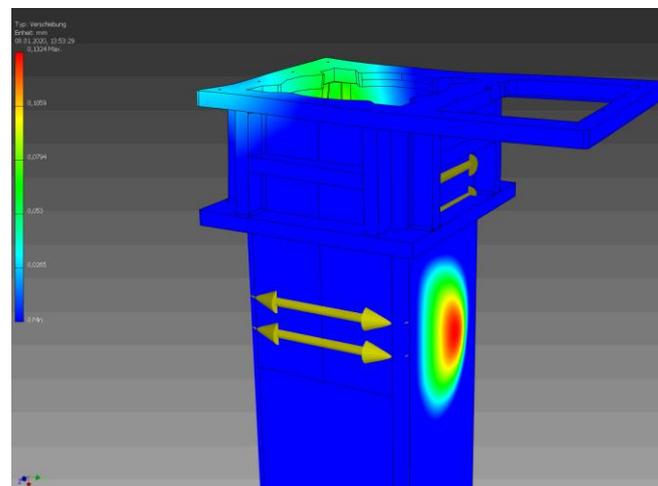


Abbildung 13 FEM Ansicht 2

Rahmen					
Länge X	1496, mm	475, mm	1541, mm	600, mm	1400, mm
Länge Y	273, mm	69,053 mm	650, mm	273, mm	1200, mm
Länge Z	273, mm	69,053 mm	400, mm	327,15 mm	1500, mm
Eigenschaften					
Volumen	3,1874e+007 mm ³	1,307e+006 mm ³	2,0532e+007 mm ³	4,7243e+007 mm ³	2,3484e+009 mm ³
Masse	250,21 kg	10,26 kg	161,18 kg	370,86 kg	5401,3 kg
Schwerpunkt X	247, mm	-258,5 mm	-569,2 mm	695, mm	-897,68 mm
Schwerpunkt Y	-1,9706e-013 mm	111,89 mm	-111,89 mm	14,749 mm	-2,6364e-013 mm
Schwerpunkt Z	-7,0938e-013 mm	-111,89 mm	111,89 mm	-111,89 mm	-0,10403 mm
Trägheitsmoment Ip1	4,8545e+007 kg·mm ²	1,9581e+005 kg·mm ²	5,8702e+006 kg·mm ²	1,3783e+007 kg·mm ²	1,5653e+009 kg·mm ²
Trägheitsmoment Ip2	4,8545e+007 kg·mm ²	1,9479e+005 kg·mm ²	4,014e+007 kg·mm ²	5,1114e+006 kg·mm ²	1,9424e+009 kg·mm ²
Trägheitsmoment Ip3	3,7605e+006 kg·mm ²	4786,5 kg·mm ²	4,0778e+007 kg·mm ²	1,358e+007 kg·mm ²	1,7395e+009 kg·mm ²
Statistik					
Knoten	176660	53997	2292811	34370	1814286
Elemente	35400	11780	1463529	7650	1323009
Netzqualität			Keine		

Abbildung 14 Auszug aus FEM Analyse

Zunächst sind die Tetris Module als Ansatz hilfreich. Nach den gewonnenen Erkenntnissen, ist hiervon jedoch auf Grund von Einzelabnahmen mit dem Ziel der Klassifizierung nach IWA 14-1 abzusehen.

Die Anordnung als Quader mit Tiefgründung ist auf Grund der enormen Zementschlämme und der damit verbundenen nicht nachhaltigen Anwendung für dieses Projekt ungeeignet.

Die zu wählende Geometrie ist wird somit nach Abwägung der Steifigkeit, der Flexibilität und der Variabilität wie folgt gewählt:

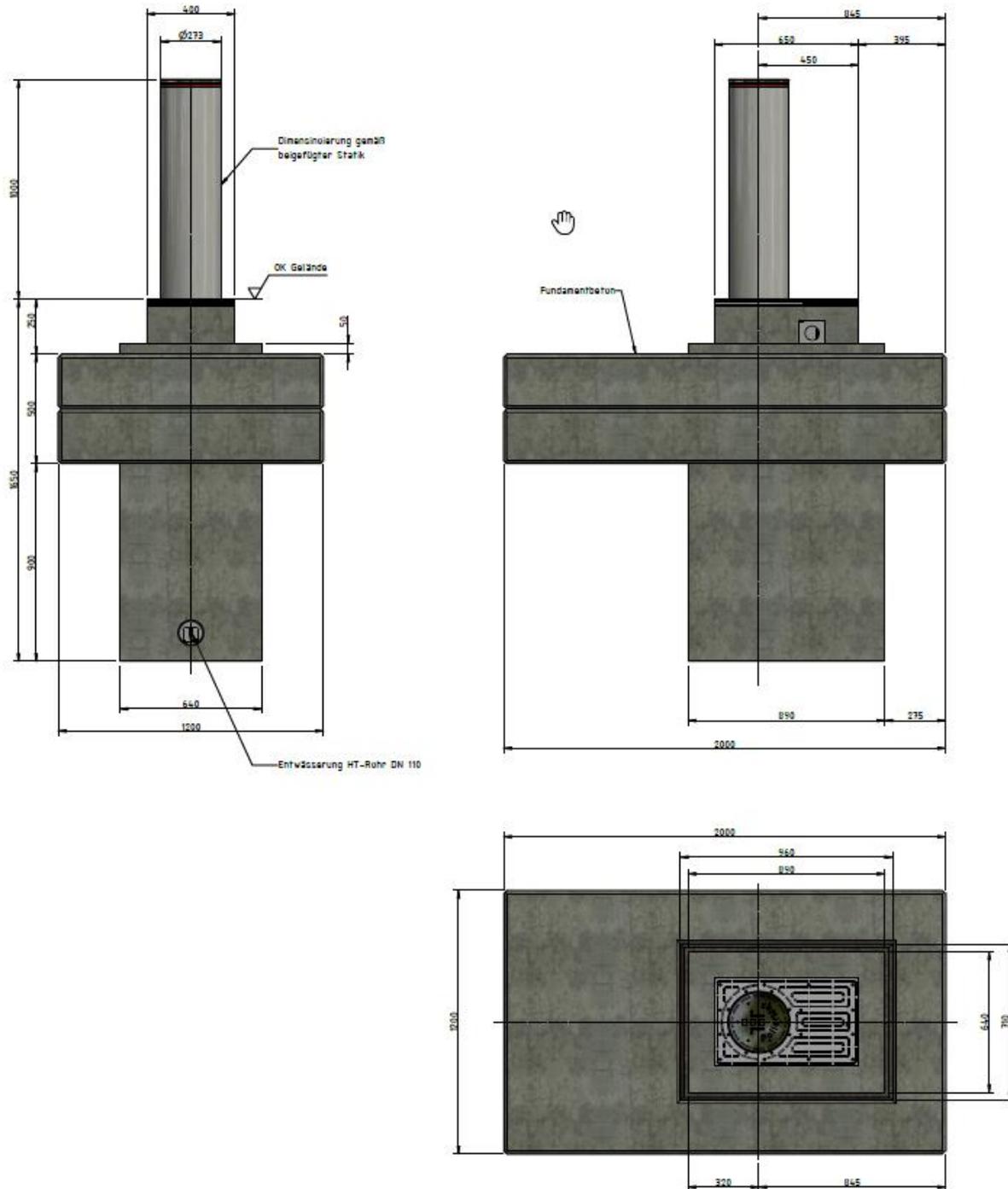


Abbildung 15 Gewählte Abmaße RC Poller

Mit dieser Geometrie ist sichergestellt, dass möglichst geringe Störkonturen von vorhandenen, im Boden befindlichen, Ver- und Entsorgungsleitungen geschnitten werden. Das Ringfundament mit den Maßen 2000mm x 1200mm x 500mm soll die Schubkräfte durch den IMPACT aufnehmen können. Der hier vorgesehene RC-Beton kann einfach als Fertigbetonelement gefertigt werden und sollte den Crashtest unbeschadet überdauern.

Das Kernfundament ist mit den Maßen 890mm x 640mm x 1650mm so konzipiert, dass auch in der Tiefe der Straße ein Maximum an freien Bereichen für vorhandene und zukünftige Leitungen bleibt.

g. Optimierung der Geometrie (Bewährung)

Die gewählte Geometrie muss unter der Berücksichtigung der Möglichkeit des Einbringens von Bewährung (Armierung) optimiert sein. Hier ist auf Grund der schlichten Geometrie eine einfache Anwendung gegeben. Das Ringfundament ist ohne Störkonturen in ganzheitlich zugänglich und unkompliziert zu bewähren.

Das Kernfundament ist mit den Anschlüssen (Entwässerung, E-Versorgung) mit Standard Bauteilen ebenfalls relativ einfach zu bewähren.

h. Auslegung der Statik

Um eine möglichst gute Performance in Bezug auf die Klassifizierung zu erreichen, ist eine intelligente Statik unabdingbar. Hier ist mit Baustahl eine Bewährung ausgelegt, die in Summe mit 88kg Baustahl für das Kernfundament auskommt. Bei einem Anteil von ca. 1074 kg Beton ist diese sehr gering.

Das RC Ringfundament hat eine Masse von 2136 kg, hiervon fallen 240kg auf die Bewährung. Dieses ist insofern notwendig, da die Statik mit der Festigkeit des RC-Betons einhergehen muss.

Die Statik wurde in Zusammenarbeit mit IBV Bockhold und Vossen aus Marl erarbeitet. Prof. Bockhold hat hier einen innovativen Ansatz für eine nachhaltige Lösung ermittelt.

Berechnungsgrundlagen:

Normen und Richtlinien

[R1] DIN EN 1991-1-1+ NA

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

[R2] DIN EN 1991-1-1+ NA

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

- [R3] DIN EN 1992-1-1+ NA
Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R4] DIN EN 1993-1-1
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

Baustoffe

Durch das Fertigteilwerk ist ein RC-Beton mit einer Betongüte von mindestens C 30/37 herzustellen. Die entsprechenden Anforderungen an die Gesteinskörnungen und Betonprüfung sind dabei zu beachten.

Beton:	innerer Fundamentblock: C 50/60, XC2 / WF
äußerer Fundamentblock:	RC-Beton C 30/37, XC2 / WF
Bewehrung:	B500B
Baustahl:	S355JR

Alle Stahlbauteile sind geeignet gegen Korrosion zu schützen.

Statisches System und Belastung

Das Fundament besteht aus zwei im Fertigteilwerk vorgefertigten Einzelteilen, die auf der Baustelle durch Verguss mit einem quellfähigen, schwindarmen Vergussmörtel miteinander verbunden werden.

Die Einbindetiefe des inneren Fundamentes beträgt 1,45 m mit Außenabmessungen von 0,89 m × 0,64 m. Das äußere Fundament wird um das innere Fundament gelegt und hat Außenabmessungen von 2,00 m × 1,20 m × 0,50 m.

Der innere Stahlpoller DN 273 × 20 wird zur Rückhaltung eines anfahrenen Fahrzeugs aus einem Hüllrohr DN 300 × 10 um 1,00 m herausgefahren. Der Abstand zwischen OK des Pollers und OK des Fundamentes beträgt dann 1,20 m. Die Übergreifungslänge zwischen Poller und Hüllrohr beträgt im ausgefahrenen Zustand 500 mm.

Die folgenden Abbildungen zeigen eine Darstellung des Fundamentes mit Abmessungen.

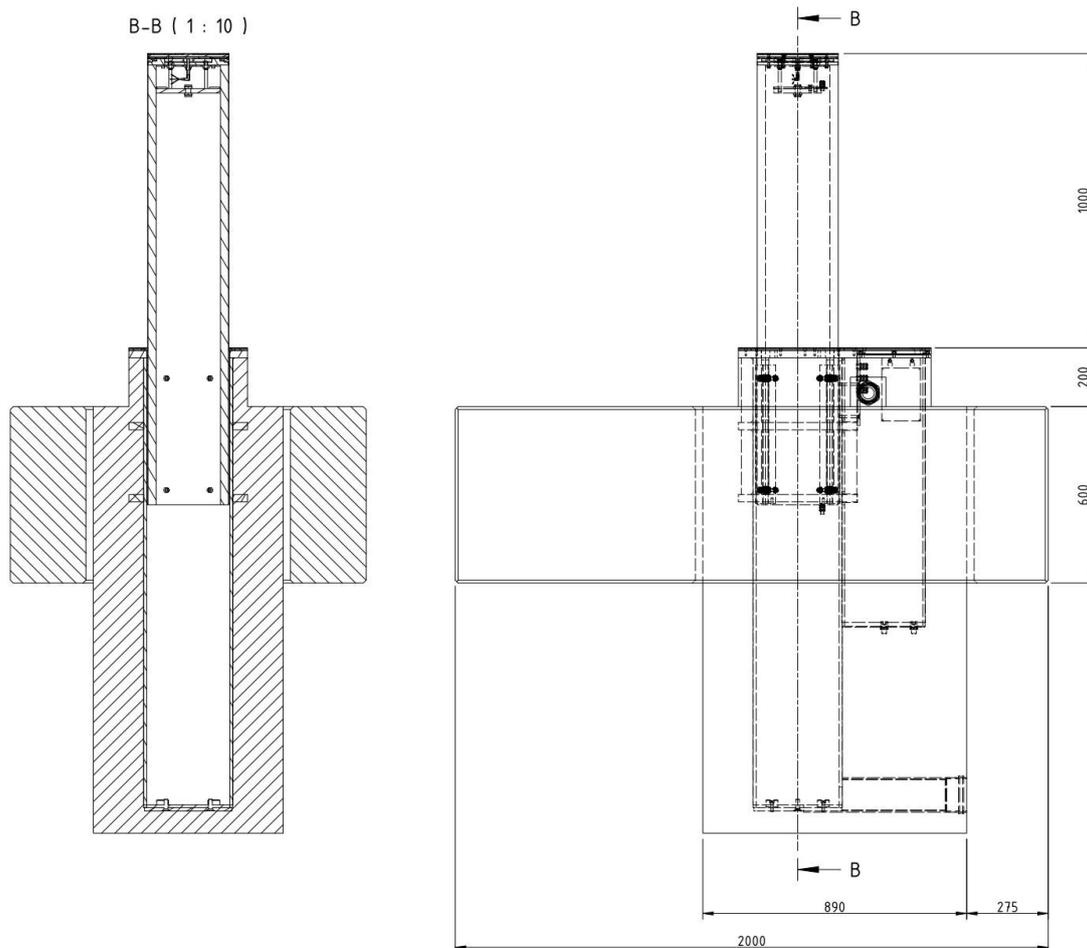


Abbildung 16 Fundamentdarstellung Statik

Ständige Lasten

Das Eigengewicht wird vernachlässigt

Anpralllast

Es wurde eine Anpralllast als quasi-statische Ersatzlast von 220 kN in einer Höhe von 20 cm unterhalb des Pollerkopfes vorgegeben:

$$H_{A,k} = 220 \text{ kN}$$

Die Last wird in den außergewöhnlichen Lastfall eingestuft.

Teilsicherheitsbeiwerte: $\gamma_A = 1,00 / 0,00$

Bemessung des inneren Fundamentblocks

Die Anpralllast wird über Biegung im Poller in den inneren Fundamentblock eingeleitet:

Inneres Fundament:

Beton C 50/60

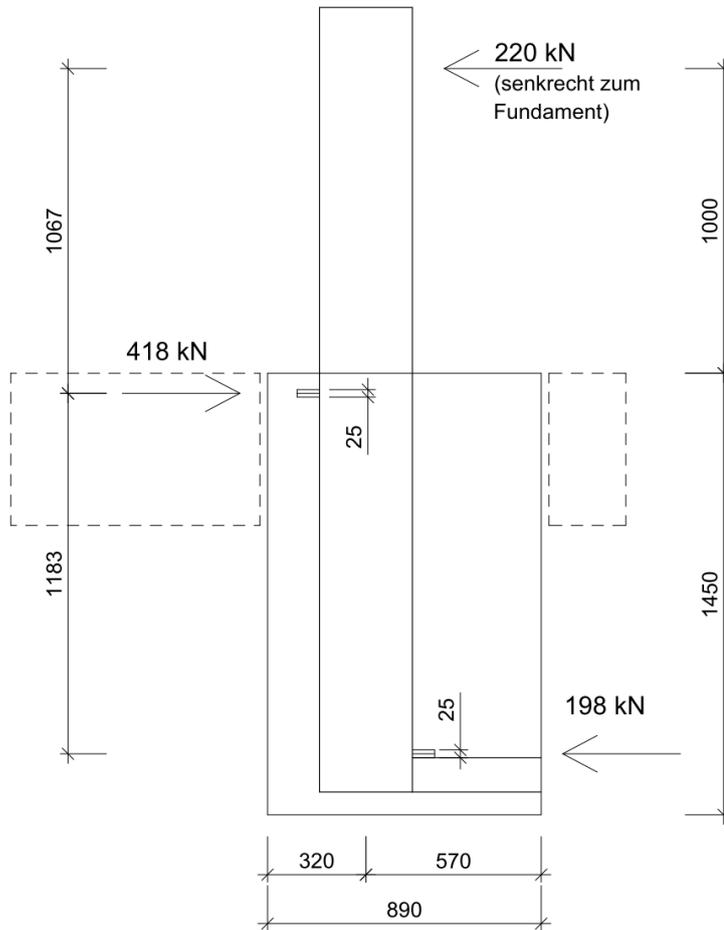


Abbildung 17 Statik inneres Fundament

Die maximale Kontaktkraft zwischen Poller und Betonfundament beträgt:

$$F_{Ed} = 220 \text{ kN} \times 2,250 \text{ m} / 1,183 \text{ m} \\ = 418 \text{ kN}$$

Kontaktfläche zwischen Poller und Fundament: A_c

$$A_c = 2,5 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \\ = 125 \text{ cm}^2$$

Betondruckspannung:

$$\sigma_{cd} = 418 \text{ kN} / 125 \text{ cm}^2 \\ = 3,34 \text{ kN/cm}^2 \\ < f_{cd} = 1,00 \times 5,00 \text{ kN/cm}^2 / 1,30 = 3,84 \text{ kN/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Aufgrund der kurzzeitigen Einwirkung im außergewöhnlichen Lastfall wird der Dauerstandbeiwert zu $\alpha_{cc} = 1,00$ gesetzt.

Vertikale Längsbewehrung u. Schubbewehrung im außergewöhnlichen Lastfall:

Nettoquerschnitt: $b/h = 2 \times 17 \text{ cm} / 89 \text{ cm}$

Beton: C 50/60

Das innere Fundament stütze sich auf das äußere Fundament ab

$$V_{Ed} = 198 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 198 \text{ kN} \times 0,825 \text{ m} = 163 \text{ kNm}$$

Bemessung:

Systemwerte / Belastung:

Beton: C50/60 Betonstahl: B500 (A,B)

Höhe $h = 89,0 \text{ cm}$ Breite $b = 34,0 \text{ cm}$
 $d1 = 5,00 \text{ cm}$ (Achsabstand Bewehrung unten) -->
Betondeckung $c, vl, unten = 3,5 \text{ cm}$
 $d2 = 5,00 \text{ cm}$ (Achsabstand Bewehrung oben) -->
Betondeckung $c, vl, oben = 3,5 \text{ cm}$
Berechnung als Balken (Rechteck)

$N_{Ed} = 0,000 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 163,000 \text{ kNm}$
 $V_{Ed} = 198,000 \text{ kN}$ (vorh.As = $0,50 \text{ cm}^2$) --> für Querkraft

Bemessung: (für außergewöhnliche LFK)

Bemessung Längskraft/Biegung:

erf.As,1 = $3,76 \text{ cm}^2$ erf.As,2 = $0,00 \text{ cm}^2$

$$x/d = 0,049$$

vorh. Bewehrungsgehalt $Mue = 0,1 \%$

Bemessung für Zug- bzw. Druckkraft mit großer Ausmitte (Biegung mit kd- Verfahren)!

Bemessung Querkraft:

erf.asw = $1,52 \text{ cm}^2/\text{m}$

$VRd,c = 105,73 \text{ kN}$ (VRd,c, min wird berücksichtigt)

$VRd,max = 1887,65 \text{ kN}$

Theta = $18,4^\circ$

Cot(Theta) = $3,0$

gewählt: $8\emptyset 12 = 9,04 \text{ cm}^2$

Bügel $\emptyset 8/15$, 4-schnittig = $13,4 \text{ cm}^2/\text{m}$

Bemessung des äußeren Fundamentblock

Der innere Fundamentblock überträgt durch Klemmwirkung das Biegemoment auf das um- schließende Fundament. Zur Übertragung der Kontaktspannungen wird ein plastischer Spannungsblock mit einer Höhe von 8 cm bzw. 15 cm angenommen:

Äußeres Fundament:

RC-Beton C 30/37

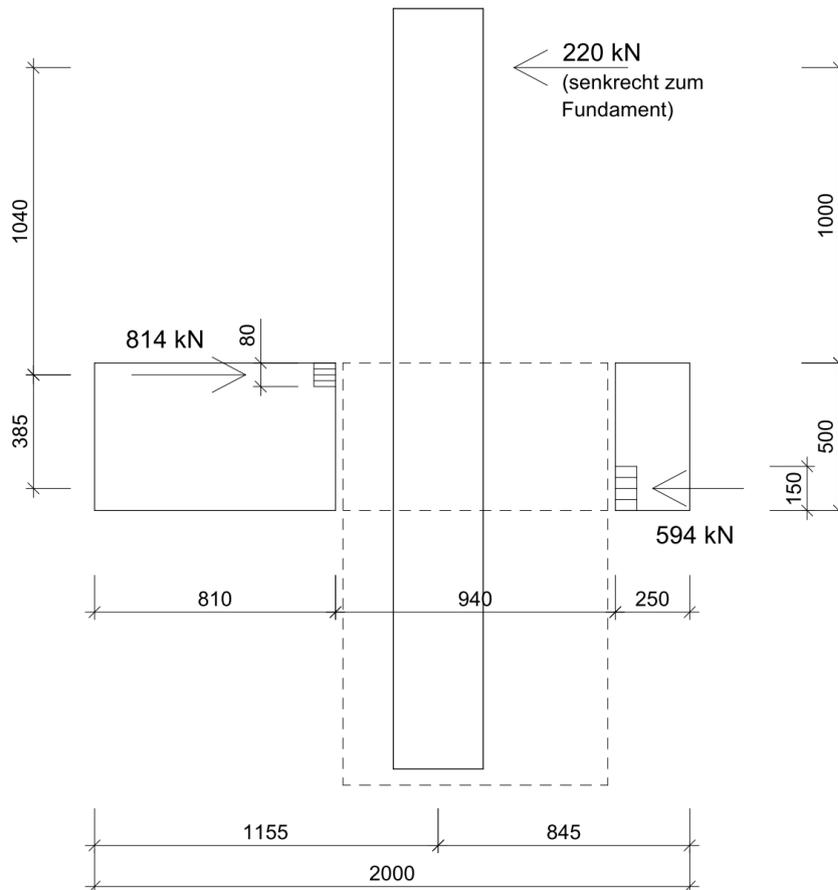


Abbildung 18 Statik Äußeres Fundament

Die maximale Kontaktkraft zwischen den Betonfundamenten

$$\begin{aligned} \text{beträgt: } F_{\text{Ed},1} &= 220 \text{ kN} \times 1,425 \text{ m} / 0,385 \text{ m} \\ &= 814 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontaktkraft am unteren Rand in Richtung der schmalen

$$\begin{aligned} \text{Fundamentseite: } F_{\text{Ed},2} &= 814 \text{ kN} - 220 \text{ kN} \\ &= 594 \text{ kN} \end{aligned}$$

Betonfestigkeit im außergewöhnlichen Lastfall:

$$\begin{aligned}\sigma_{cd} &= 1,00 \times 3,00 \text{ kN/cm}^2 / 1,30 \\ &= 2,31 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

Kontaktspannung im Beton oben:

$$\begin{aligned}\sigma_{cd} &= 814 \text{ kN} / (8,0 \text{ cm} \times 69 \text{ cm}) \\ &= 1,47 \text{ kN/cm}^2 < 2,31 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Kontaktspannung im Beton unten bei einer angenommenen Breite der Kontaktfläche von ca. 15 cm:

$$\begin{aligned}\sigma_{cd} &= 594 \text{ kN} / (2 \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}) \\ &= 1,32 \text{ kN/cm}^2 < 2,31 \text{ kN/cm}^2 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Die Querkraftbemessung wird mit einem Druckstrebenwinkel von $\cot \theta = \sim 1,00$ und einer geneigten Querkraftbewehrung von $\alpha = 45^\circ$ durchgeführt:

Längsschnitt:

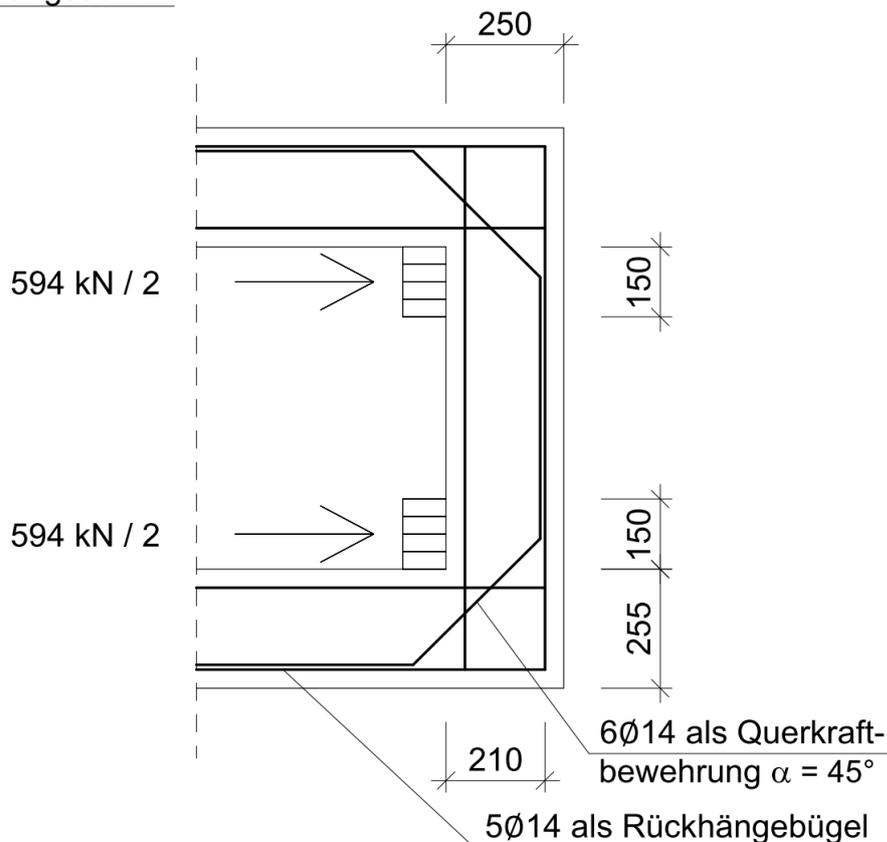


Abbildung 19 Querkraftbewehrung Längsschnitt

Betrachtet wird eine randnahe Einzellast mit

$$a_v = (15 \text{ cm} + 25,5 \text{ cm}) / 2 = 20,3 \text{ cm}$$

und

$$d = 25 \text{ cm} - 4,0 \text{ cm} = 21 \text{ cm},$$

so dass

$$a_v/d = 20,3 \text{ cm} / 21 \text{ cm} \approx 1,00 < 2,00.$$

Breite des gedachten

$$\text{Balkenstreifens: } b_w = 0,15 \text{ m}$$

Querkraftbemessung mit geneigter Schubbewehrung:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$c_{v,l} = 3,0 \text{ cm}$$

$$z = \min \{ 0,9 \times 21 \text{ cm} ; 21 \text{ cm} - 3,0 \text{ cm} - 3,0 \text{ cm} \}$$
$$= 15 \text{ cm}$$

$$v_1 = 0,75 \times (1,1 - 30/500) \leq 0,75$$
$$= 0,75$$

$$V_{\text{Rd,max}} = 0,75 \times \frac{30.000 \text{ kN/m}^2}{1,30} \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times \frac{1,00 + 1,00}{1 + 1,00^2}$$
$$= \mathbf{389 \text{ kN} > 594 \text{ kN} / 2 = 297 \text{ kN} \quad (\text{OK})}$$

Erforderliche Querkraftbewehrung:

$$a_{\text{sw}} = \frac{594 \text{ kN} / 2}{50 \text{ kN/cm}^2 \times 0,15 \text{ m} \times (1,00 + 1,00)} \times 0,707 \text{ cm}^2$$
$$= 28,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Auf einer Länge von 15 cm ergibt sich eine Querkraftbewehrung von:

$$A_{\text{sw}} = 28,0 \text{ cm}^2/\text{m} \times 0,15 \text{ m}$$
$$= 4,2 \text{ cm}^2$$

Mindestens einzulegen bei einer randnahen Einzellast:

$$\text{erf. } A_{\text{sw}} = 594 \text{ kN} / 2 / (50 \text{ kN/cm}^2 \times 0,707)$$
$$= \mathbf{8,4 \text{ cm}^2 > 4,2 \text{ cm}^2}$$

gewählt: 6 Ø 14 = 9,23 cm² auf den unteren 15 cm

Rückhängebewehrung:

$$\begin{aligned}\text{erf. } A_{sI} &= 594 \text{ kN} / 2 / 50 \text{ kN/cm}^2 \\ &= 5,9 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

gewählt: 5 Bügel Ø 14 = 15,4 cm²

Verankerungslänge der Rückhängebewehrung, guter Verbund:

$$\begin{aligned}l_{b,rqd.} &= 50 \text{ cm} \\ \alpha_1 &= 0,7 \\ l_{bd} &= 0,7 \times 5,9 \text{ cm}^2 / 15,2 \text{ cm}^2 \times 50 \text{ cm} \\ &= 13,6 \text{ cm} \\ l_{b,min} &= 0,3 \times 0,7 \times 50 \text{ cm} \\ &= 10,5 \text{ cm} \\ &< 10 \varnothing_l = \mathbf{14 \text{ cm}} \\ \text{vorh. } l_b &= \mathbf{21 \text{ cm} > 14 \text{ cm}} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Biegebewehrung in der Querwandung, Bemessung im Wandanschnitt:

$$\begin{aligned}M_{Ed} &= 594 \text{ kN} / 2 \times 0,075 \text{ m} = 22,3 \text{ kNm} \\ \text{erf. } A_{sI} &= 22,3 \text{ kNm} / (0,9 \times 0,21 \text{ cm} \times 50 \text{ kN/cm}^2) \\ &= 2,36 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

gewählt: 5 Ø 14 = 7,7 cm²

Verankerungslänge der Längsbewehrung, guter Verbund:

$$\begin{aligned}l_{b,rqd} &= 50 \text{ cm} \\ \alpha_1 &= 0,7 \\ l_{bd} &= 0,7 \times 2,36 \text{ cm}^2 / 7,7 \text{ cm}^2 \times 50 \text{ cm} \\ &= 10,7 \text{ cm} \\ l_{b,min} &= 0,3 \times 0,7 \times 50 \text{ cm} \\ &= 10,5 \text{ cm} \\ &< 10 \varnothing_l = \mathbf{14 \text{ cm}} \\ \text{vorh. } l_b &= \mathbf{21 \text{ cm} > 14 \text{ cm}} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

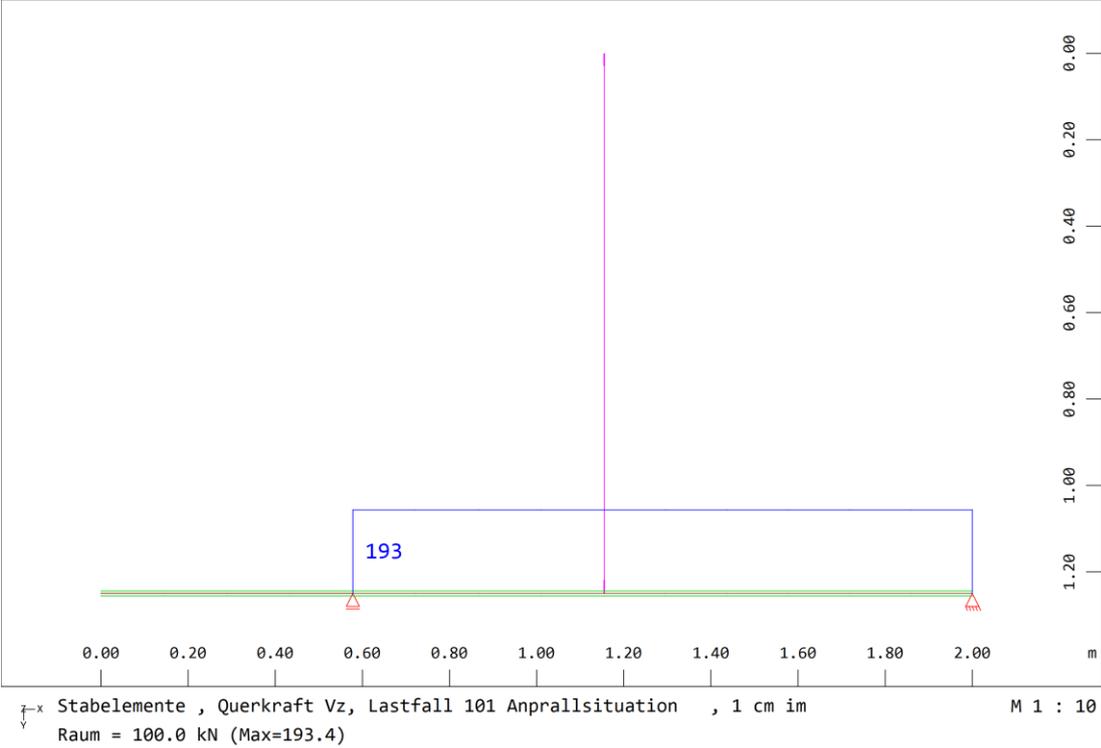


Abbildung 21 Äußeres Fundament FE Programm 2

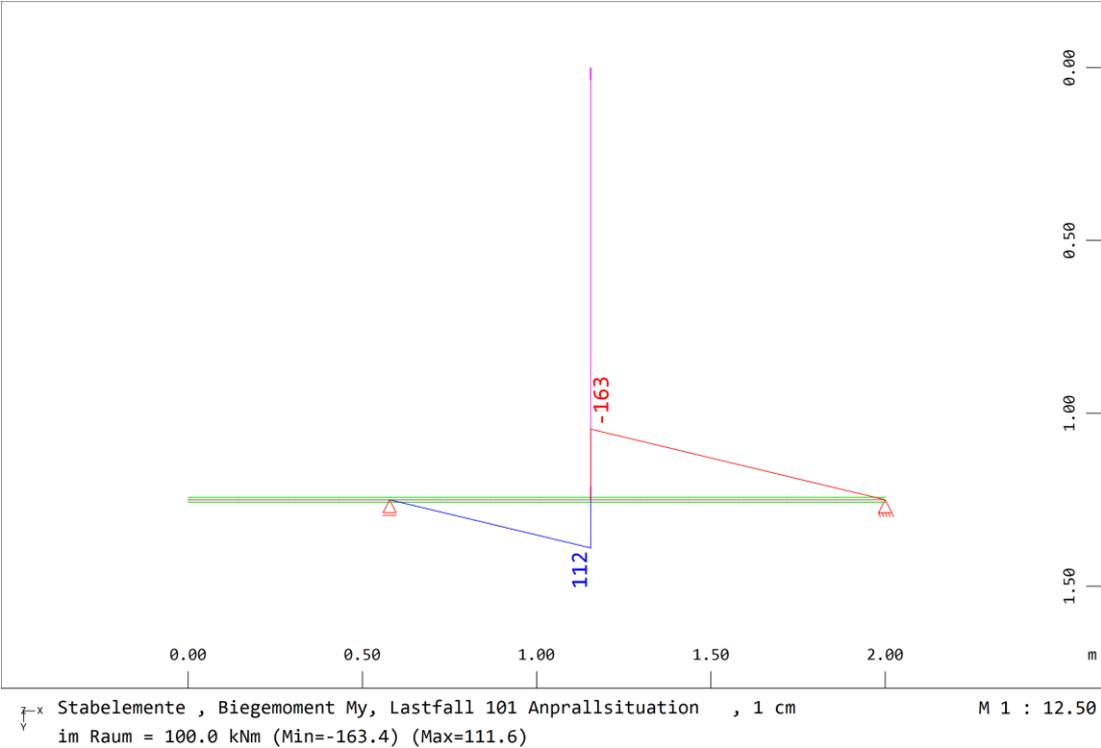
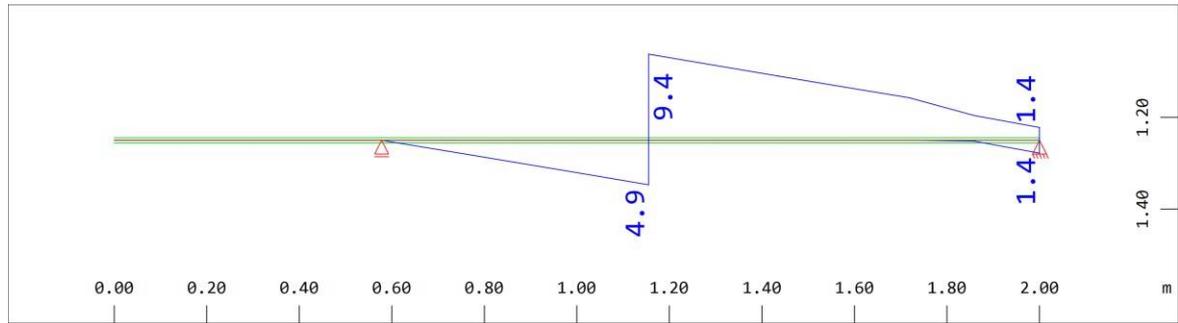
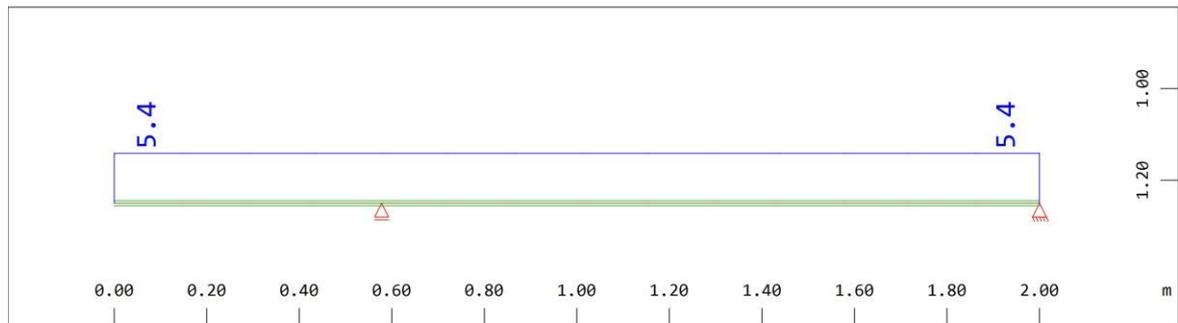


Abbildung 22 Äußeres Fundament FE Programm 3



Systemausschnitt Gruppe 1
Stabelemente , Längsbewehrung Rang M1, Bemessungsfall 1 ACCI , 1 cm M 1 : 10



Systemausschnitt Gruppe 1
Schubbewehrung (Maximum), Bemessungsfall 1 ACCI , (1 cm im Raum = M 1 : 10

Abbildung 23 Äußeres Fundament FE Programm 4

gewählt: **8 Ø 16 = 16,1 cm² in Längsrichtung**
 Bügel 8Ø8, 4-schnittig auf einer Länge von 89 cm = 18,1 cm²/m
 sonst: S-Haken 8Ø8/m² = 4,02 cm²/m

Bemessung des Stahlpollers

Statisches System, bestehend aus dem inneren Anprallpoller (1) und dem Hüllrohr (2):

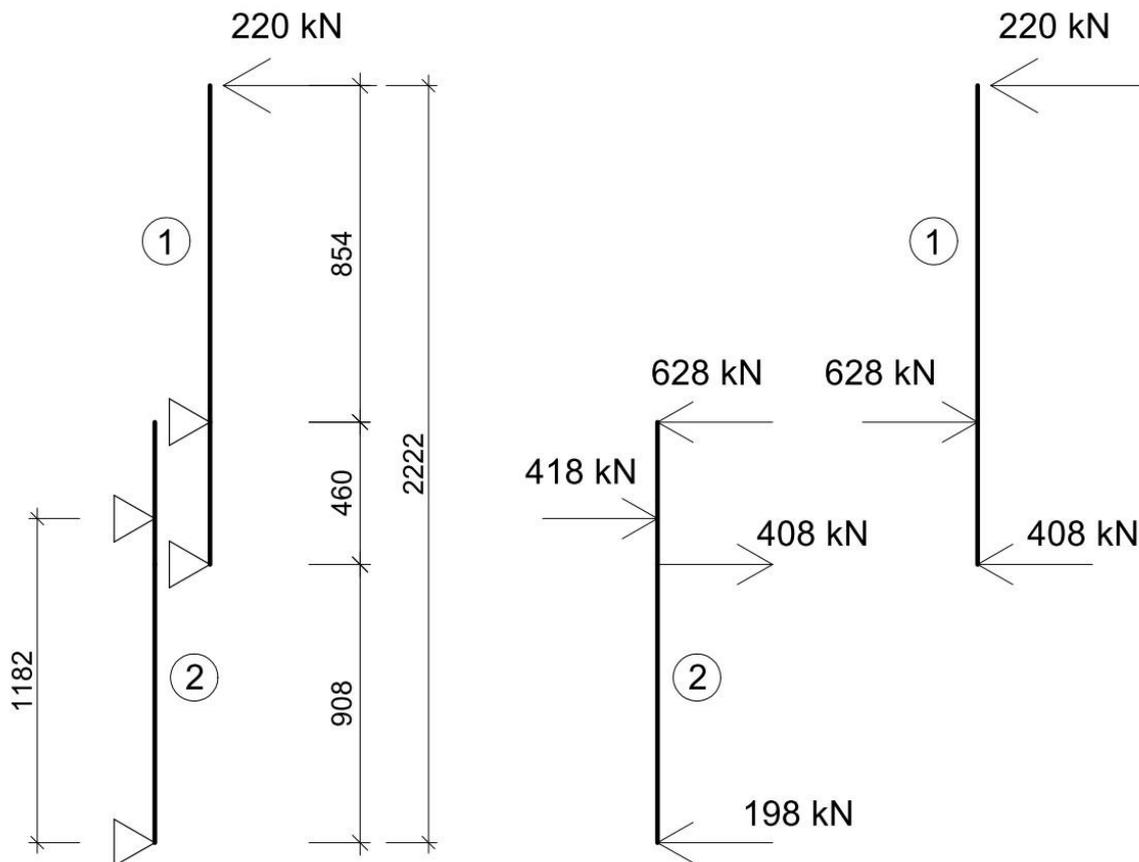


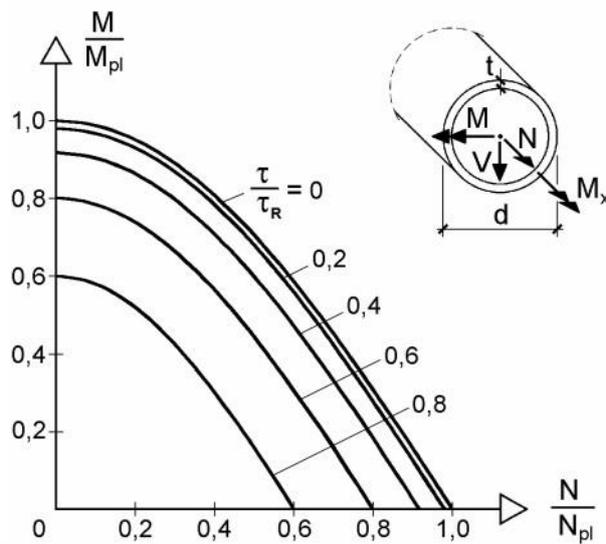
Abbildung 24 Freigemachter Stahlpoller

Bemessung des Anprallpollers Pos. 1

Querschnitt: 273 × 20 mm

Material: S355JR, $f_y = 35,5 \text{ kN/cm}^2$ ($t < 40 \text{ mm}$)

Die Bemessung erfolgt nach Kindmann/Frickel:



Nachweisbedingungen:

$$\frac{\tau}{\tau_R} = \frac{|V|}{V_{pl}} + \frac{|M_x|}{M_{pl,x}} \leq 1$$

$$\frac{|N|}{N_{pl,\tau}} + \frac{2}{\pi} \cdot \arcsin\left(\frac{|M|}{M_{pl,\tau}}\right) \leq 1$$

Rechenwerte:

$$V_{pl} = 2 \cdot \tau_R \cdot t \cdot (d - t)$$

$$M_{pl,x} = \pi \cdot \tau_R \cdot t \cdot (d - t)^2 / 2$$

$$N_{pl,\tau} = \pi \cdot t \cdot (d - t) \cdot f_y \cdot \sqrt{1 - (\tau/\tau_R)^2}$$

$$M_{pl,\tau} = t \cdot (d - t)^2 \cdot f_y \cdot \sqrt{1 - (\tau/\tau_R)^2}$$

Abbildung 25 Bemessung der Stahlpollers

$$V_{Ed} = 408 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 408 \text{ kN} \cdot 0,46 \text{ m} \\ = 188 \text{ kNm}$$

$$V_{pl} = 2 \cdot 35,5 \text{ kN/cm}^2 / \sqrt{3} \cdot 2,0 \text{ cm} \cdot (27,3 \text{ cm} - 2,0 \text{ cm}) \\ = 2.074 \text{ kN}$$

$$\tau/\tau_R = 408 \text{ kN} / 2.074 \text{ kN} \\ = \mathbf{0,197 < 1,00} \quad \quad \quad \mathbf{(OK)}$$

$$M_{pl,\tau} = 2,0 \text{ cm} \cdot (27,3 \text{ cm} - 2,0 \text{ cm})^2 \cdot 35,5 \text{ kN/cm}^2 \cdot \sqrt{(1 - 0,197^2)} \\ = \mathbf{445 \text{ kNm} > M_{Ed} = 188 \text{ kNm} \quad (OK)}$$

Bemessung des Hüllrohres

Querschnitt: 300 × 10 mm

Material: S355JR, $f_y = 35,5 \text{ kN/cm}^2$ ($t < 40 \text{ mm}$)

Die Bemessung erfolgt nach Kindmann/Frickel:

$$V_{Ed} = 215 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 194 \text{ kN} \cdot 0,908 \text{ m} \\ = 176 \text{ kNm}$$

$$V_{pl} = 2 \cdot 35,5 \text{ kN/cm}^2 / \sqrt{3} \cdot 1,7 \text{ cm} \cdot (30,0 \text{ cm} - 1,0 \text{ cm}) \\ = 1.189 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\tau/\tau_R &= 215 \text{ kN} / 1.189 \text{ kN} \\ &= \mathbf{0,181} < \mathbf{1,00} && \mathbf{(OK)} \\ M_{pl,\tau} &= 1,0 \text{ cm} * (30,0 \text{ cm} - 1,0 \text{ cm})^2 * 35,5 \text{ kN/cm}^2 * \sqrt{(1 - 0,181^2)} \\ &= \mathbf{294 \text{ kNm}} > \mathbf{M_{Ed} = 176 \text{ kNm}} && \mathbf{(OK)}\end{aligned}$$

Einspannung in das Stahlbetonfundament

rechnerische Einspanntiefe:

$$f = 1,208 \text{ m}$$

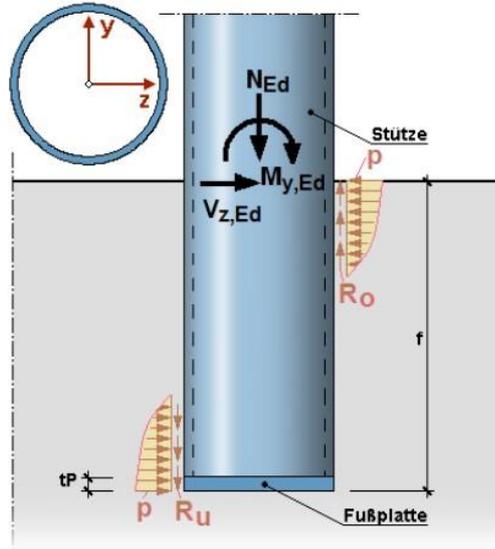
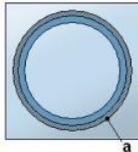
Bemessung nach Wöllhardt mit einem konservativem Stützenquerschnitt von 273×10 :

Position: Stützeinspannung RC-Beton

Köchereinspannung-Stahl nach EC3 (NA Deutschland)

Systemwerte:

Profil Stütze = ROW273x10
 Einspanntiefe $f = 1208$ mm
 Stütze ist im Einspannbereich nicht ausbetoniert!
 Dicke der Fußplatte $t_P = 12$ mm
 Schweißnaht Platte/Stütze $a = 3$ mm
 Schweißnaht überträgt volle Druckkraft aus Stütze
 (kein Kontaktstoß!)



Belastung:

$N_{Ed} = 0,000$ kN
 $V_{z,Ed} = 220,000$ kN
 $M_{y,Ed} = 235,000$ kNm

Nachweise:

$\mu_e = 0,20$ [-] (Reibbeiwert)
 Verbund zwischen Stahlstütze und Beton wird nicht angesetzt ($\tau_{v,b} = 0,000$ kN/cm²)
 Material = S 355
 $f_y = 355,00$ N/mm²
 $f_u = 490,00$ N/mm²
 $\beta_W = 0,90$ [-]
 $\gamma_{M0} = 1,000$ [-]
 $\gamma_{M1} = 1,000$ [-]
 $\gamma_{M2} = 1,000$ [-]
 Beton = C50/60
 $\gamma_c = 1,300$ [-] (Beton)

- Nachweis der Einspannung nach WÖLLHARDT (KINDMANN/KRAUS)
- Nachweis der Stütze elastisch - plastisch
- Nachweis der Fußplatte elastisch - plastisch

Betonpressung unter Platte:

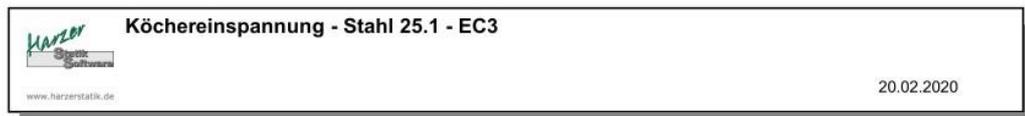
Ausnutzung: $\max. \sigma_{Ed} / f_{cd} = 0,00$ N/mm² / 32,69 N/mm² = 0,00 $\leq 1,00$

Schweißnaht Stütze / Fußplatte:

erf. min. $a = 3$ mm
 $\sigma_{\perp,Ed} = \tau_{\perp,Ed} = 0,000$ kN/cm², $\sigma_{V,w,Ed} = 0,000$ kN/cm²
 $f_{1,w,Rd} = 54,44$ kN/cm², $f_{2,w,Rd} = 44,10$ kN/cm²

Nachweis 1: $\sigma_{V,w,Ed} / f_{1,w,Rd} = 0,00 \leq 1,00$

Nachweis 2: $\sigma_{\perp,Ed} / f_{2,w,Rd} = 0,00 \leq 1,00$



Nachweis Fussplatte:

- Berechnung der Plattenmomente nach STIGLAT/WIPPEL
- Kreisplatte mit gelenkiger Randlagerung und Kragmoment über Eck (K/1)
- $|max.M,Ed| = 0,00$ kNcm/cm
- erf. Plattendicke $t_P = 0,0$ mm
- vorh. Plattendicke $t_P = 12$ mm
- > **Ausnutzung: $0,00 \leq 1,00$**

Nachweis Einspanntiefe:

- $f_{cd} = 32,69$ N/mm²
- $k, \mu_e = 1,00$ [-]
- $p_c = 89,25$ kN/cm
- $p_a = 72,00$ kN/cm
- Cosinusförmiger Ansatz
- $D, \mu_e = 98,28$ kN
- $D_u = 801,58$ kN
- $\delta_{f,rec} = 62,09$ mm
- empfohlene Einspanntiefe $f_{,rec} = 819$ mm
- rechn. erforderliche Einspanntiefe $f = 398$ mm **\leq vorh. $f = 1208$ mm**

Nachweis Stützenprofil:

- $N_{pl,d} = 2974,46$ kN
- $M_{pl,y,d} = 249,13$ kNm
- $V_{pl,z,d} = 1093,27$ kN
- $\rho_{ho,Vz} = 0,00$ [-]
- $N_{V,Rd} = 2974,46$ kN

a) Einspannstelle:

- $N,Ed = 0,00$ kN
- $M,Ed = 235,00$ kNm
- $V_z,Ed = 220,00$ kN
- $\eta_{a,N} = 0,00 \leq 1,00$
- $\eta_{a,M} = 0,94 \leq 1,00$
- $\eta_{a,V} = 0,20 \leq 1,00$
- **$\eta_{a,Int} = 0,94 \leq 1,00$**

b) Stelle $x = a_0$:

- $N,Ed = 0,00$ kN
- $V_z,Ed = D_u = 801,58$ kN
- $M,Ed = 111,21$ kNm
- $N_{pl,Tau} = 2022,70$ kN
- $M_{pl,Tau} = 169,41$ kNm
- $\eta_{a,V} = 0,73 \leq 1,00$
- $\eta_{a,Int.} = 0,46 \leq 1,00$

Abbildung 26 Köchereinspannung Stahlrohr

Hinweise zur Gründung und globalen Standsicherheit

Ein Nachweis gegen Kippen und Gleiten sowie der Grundbruchsicherheit des Fundamentes im Anprallfall ist nicht erforderlich und kann in diesem Projekt vernachlässigt werden.

i. Eingesetzte Materialien und Herstellung

Für die Fertigung des Pollermax aus RC-Beton (Büscher Projektnummer 18-0081 Pos 2) ist folgenden Baustoff hergestellt:

- recycelte Gesteinskörnung 0-22 mm, Typ 3
- Zement
- Zusatzmittel
- Wasser

(01) *Verwendete Abfallströme:*

Das Unternehmen Büscher verfügt über eine Genehmigung für den Betrieb einer Abfallbehandlungs-/Bauschutttaufbereitungsanlage nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) Aktenzeichen 63-00555.

Es wird ausschließlich Material recycelt, welches die LAGA Klasse Z.0 bis Z.1.0 erfüllt.

Zugelassene Abfallschlüssel für das Recycling sind:

AVV 17 01 01 Beton

AVV 17 01 02 Ziegel

AVV 17 01 03 Fliesen und Keramik

AVV 17 01 07 Gemische aus Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik

(02) *Gesteinskennwerte:*

Im Anhang sind die festgestellten Rohstoffdaten zu beiden Korngruppen des eingesetzten recycierten Materials beigefügt

Die Prüfungen erfolgen auf

stoffliche Zusammensetzung (Der Gipsanteil in der Gruppe X wird zusätzlich ermittelt.)

Kornaufbau/Sieblinie der einzelnen Korngruppen

Wasseraufnahme nach 10 Minuten und 24 Stunden

Rohdichte

(03) *Aufbereitung*

In einer Vorsortierung werden Stör- und Fremdstoffe mit einem Sortiergreifer aussortiert und dem jeweiligen Verwertungsverfahren zugeführt (PM)

Folgende Anlieferungen sind für den Brechvorgang für den Einsatz in Büscher-Wänden gesperrt und werden ins Rohstofflager für die anderweitige Verwendung

verfahren:

Asphalt, Bitumen (erlaubter Anteil $\leq 5\%$)

gipshaltige Materialien (erlaubter Anteil $\leq 1\%$)

Humus/Böden

Schadstoffe

undefinierbare Fremdstoffe

bei Zweifel

Der Bruch erfolgt per Brechanlage mit zugeschaltetem Magneten zur Entfernung von Metall/Eisen, sowie einem Windsichter zur Entfernung von leichten Störstoffen (z. B. Papier/Folienstückchen).

Zum Einsatz kommen hier geeignete Fachunternehmen mit geprüfter Anlagentechnik.

Die Siebanlage ist der Brechanlage nachgeschaltet.

Das Überkorn > 22 mm wird in den Brechvorgang zurückgeführt.

(04) *Festigkeiten:*

Die Druckfestigkeit wird am kompletten Baustoff festgestellt (Prüfbericht 100051-16 115113, siehe Anlage)

Die Einzel-Anforderungen an einen C 30/37 von 33 N/mm² wurden erreicht.

(05) *QS:*

Die Freigabe der aufbereiteten Charge für die Verwendung in der Produktion für Büscher-Wände erfolgt schriftlich durch die Qualitätssicherung, nach vorliegenden positiven Ergebnissen der Materialprüfung (QS).

Gesperrte Chargen werden aus dem Sperrlager in gesonderte Rohstofflager für anderweitige Verwendungen transportiert (PM).

(06) *Herstellung:*

Bei der Herstellung der Bauteile sind alle Einzel-Vorgänge wie:

Lagern der Rohstoffe

Dosieren der Rohstoffe

Mischen der Rohstoffe

Schalungsbau

Einbau von Bewehrung und sonstigen Einbauteilen (Transportanker...)

Transport zur Form und Einfüllen in die Form

Verdichten

Oberflächenbearbeitung

Aushärtung und Nachbehandlung

Entschalen der Bauteile

Nachbearbeitungen

Kennzeichnung der Bauteile

Einlagerung

Verladung und Transport

beschrieben. Kontrollen, Prüfungen und Freigaben sind eingeführt!

j. Formenbau und Gießen

Es wurde auf den v.g. Maßen zwei Gießformen aus Holz gefertigt die den Belastungen der Gegebenheiten standhalten (Konstruktiv bemessen). Diese werden gleich mit der errechneten Bewehrung ausgerüstet. All diese Vorarbeiten fanden im Betonwerk Büscher in Heek statt. Diese sind aufgrund ihrer Erfahrungen im RC-Beton Bereich führend und supporten den alternativen Angang eines ressourcenschonenden Sicherheitspoller mit RC-Beton voll umfänglich.



Abbildung 27 Formenbau

Nach erfolgreichem Gießen der Musterformen, bleibt eine Aushärtezeit von 28 Tagen abzuwarten. Die Prüfung vom Festbeton nach DIN EN 12390-3: 2009-07 fand am 7.4.2020 bei Roxeler Baustoffprüfstelle unter der Prüfnummer 100051-16 115113 statt (Anlage).

k. Crashtest

Der Crashtest ist mit der Fa. CTS als akkreditiertes Unternehmen in Münster für den 22.04.2020 vorgesehen. Der Test findet nach den Vorgaben der IWA14-1 statt. Am Montag den 20.04.2020 ist der Sicherheits-Poller in der vorgesehenen Baugrube eingebracht worden.



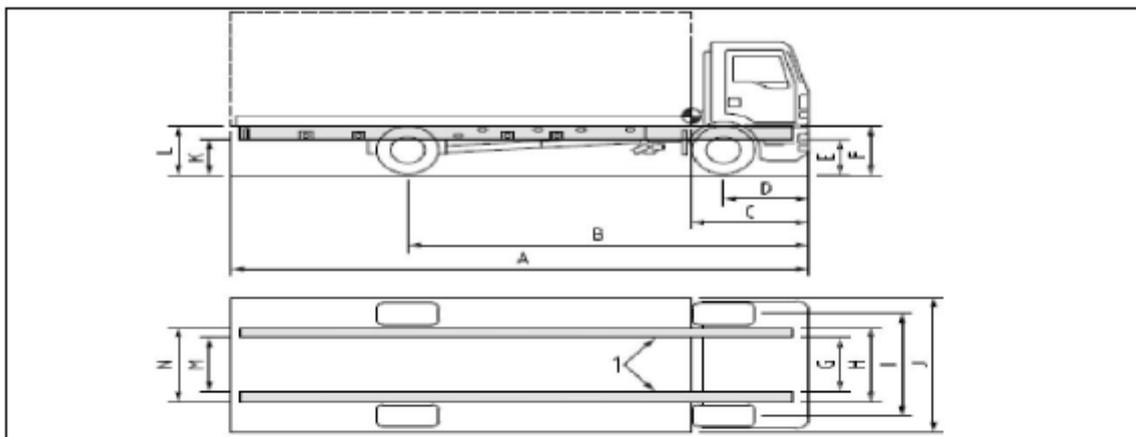
Abbildung 28 Einbau Poller CTS

Im Anschluss der Tiefbauarbeiten, ist der Spalt zwischen RC-Ringfundament und Kernpoller mit einem Kunststoffmörtel vergossen worden. Verwendet wurde PAGEL Vergussmörtel V1/50, Körnung 0-5mm, schrumpffrei DIN EN 1504-6:2006-11 (Untergusshöhe: 20-120mm). Dieser ist schnellabbindend und hat seine volle Festigkeit nach nur 24h erreicht.



Abbildung 29 Verguss Kunststoffmörtel CTS

Zwei Tage später ist der Crashtest für ca. 11 Uhr angesetzt. Ein 7,5t mit einer Betonzuladung auf der Ladefläche (Gesamtgewicht 7200kg) ist für diesen Versuch beschafft worden. Dieser darf nicht älter als 10 Jahre sein, er ist fahrbereit und kann sich mit Fahrer eigenständig zum Startpunkt bewegen. Das Prüffahrzeug hat Fahrzeugabmessungen von 7820mm x 2525mm und eine Ladehöhe von 675mm. Dieses Fahrzeug wurde für den Test bei CTS angekauft.



IWA 14-1:2013									
Prüfgelände:	CTS	Test-Nr:	19368						
Fahrzeugklassifizierung:	N2A	Fahrzeugtyp:	DAF LF 45						
Testgewicht (kg):	6920	Antriebsachsen:	1						
Reifengröße: (Zoll)	215/75R17.5	FIN:	XLRAE45FF0L344441						
Radstand (mm):	4820 mm	CTS-Nr.:	7037						
Fahrzeugabmessungen (mm):									
A:	7820	D:	1309	G:	725	J:	2525	M:	725
B:	5589	E:	490	H:	855	K:	570	N:	860
C:	1724	F:	675	I:	1855	L:	765		

Abbildung 30 Maße Testfahrzeug



Abbildung 31 Testfahrzeug vor RC Sicherheitspoller

Testdurchführung:

In der folgenden Bildsequenz kann man sehr gut sehen, wie der LKW in Millisekunden zum Stillstand gebracht wird.



Abbildung 32 Crashtest Bildersequenz Seitenansicht

Nach dem IMPACT Test ist der LKW fahrtauglich und nicht nennenswert über den Sicherheitspoller hinweg gefahren. Die folgenden Bilder veranschaulichen dieses eindrucksvoll.



Abbildung 33 Crashtestergebnis (zerlegter LKW)

Die Messergebnisse nach diesem Impact Test sind überraschend gut. Ein Einfahren des Sicherheitspoller ist noch gegeben, keine nennenswerte Verformung.



Abbildung 34 Pollerbetrachtung nach Crashtest

Im Folgenden ist das Ergebnis von CTS aufgelistet.



Zusammenfassung der Ergebnisse, IWA 14-1:2013

Prüflabor

Kontaktperson(en):	Prüfinstitut	Adresse:
Dipl.-Ing. Ralf Bührmann	crashtest-service.com GmbH	Amelunxenstraße 30 48167 Münster Deutschland
Akkreditierungsnummer:	Akkreditierungsdatum	
D-PL-17359-01-00	02.05.2018 (Erstakkreditierung 07.05.2013)	

Hersteller

Kontaktperson(en):	Firma/Unternehmen	Adresse:
Andreas Rosery Jürgen Weitkamp	PollerMax GmbH	Benzstraße 32 48619 Heek Deutschland

Produkt

Bezeichnung:	beweglicher Poller, "Secureline 1000-HY"
Datum, techn. Zeichnungen:	17.04.2020
Datum, Fundamentguss	--- (Fundamente wurden fertig angeliefert)
Datum, Produktmontage	20.04.2020
Datum, Test	22.04.2020

Fundament Durchfahrtssperre	(wurde fertig angeliefert)
Anforderungen:	proprietär
Fundamenttyp:	Beton
Festigkeit, Soll:	50 N/mm ² (C50/60)
Festigkeit, Ist:	--- N/mm ² (<u>nicht erforderlich</u>)
Zustand:	trocken
Bodenklasse:	3
Bodenverdichtung:	77 N/mm ²
Bodenfeuchtigkeit:	--- N/mm ² (<u>nicht erforderlich</u>)
Bodentragfähigkeit:	--- N/mm ² (<u>nicht erforderlich</u>)

Dies ist ein unveröffentlichter Bericht, der für den oben genannten Kunden bereitgestellt worden ist und daher darf dieser in keiner Publikation erscheinen ohne die ausdrückliche Erlaubnis des Kunden. Die Ansichten sind die des Autoren und nicht notwendigerweise die des Kunden



Prüffahrzeug

Zur Verfügung gestellt von:	crashtest-service.com GmbH
Fahrzeugklassifizierung:	IWA 14-1: N2A
Typ:	DAF LF 45
Fahrzeugidentifikationsnummer (FIN):	XLRAE45FF0L344441
CTS-Nr.:	7037
Leergewicht:	4600 kg
Zul. Gesamtgewicht:	6920 kg
Fahrzeugabmessungen:	Siehe Anhang (3)



Anprallspezifikationen

	Soll	Toleranz	Ist
Masse:	7200 kg	+ 400 kg / - 400 kg	6920 kg
Geschwindigkeit:	48 km/h	+ 47 km/h / - 51 km/h	47,6 km/h
Winkel:	90°	± 2°	90°
Versatz:	0,00 m	± 0,10 m	0,05 m

Fahrzeugeindringung

Dynamisch:	- 0,2 m
Statisch:	- 0,9 m

Streuung der bedeutenden Bruchteile (≥ 25 kg): keine bedeutenden Bruchteile (≥ 25 kg)

Zwischenraum (Gap): --- (nicht erforderlich)

Performance Rating: IWA 14-1:2013 Moveable Bollard V/7200[N2A]/48/90/-0.2

Kinetische Energie beim Anprall: 604,9 kJ

Ergebnis:

Das Fahrzeug wurde aufgehalten, ist fahruntüchtig und die Barriere wurde nicht überwunden.

Abbildung 35 Zusammenfassung Prüfbericht

I. Rückbau Fundamente

Wie zu erwarten war, ist der Rückbau der Fundamente in einem geringem Zeitfenster möglich. Nach dem Crashtest fand die Aufnahme der technisch erreichten Resultate statt. Dieses beanspruchte ca. 2h. Gegen 14 Uhr startete der Rückbau, da schweres Gerät vor Ort war, konnten die im Beton vergossenen Gewindehülsen mit geeigneten Anschlagmitteln verbunden werden und der Sicherheitspoller war in ca. 20 min am Bagger Haken.



Abbildung 36 Rückbau Sicherheitspoller

m. Erreichte Klassifizierung (IWA141)

Die Klassifizierung durch die CTS auf Grundlage der IWA 14-1 (N2A bei 48km/h) hat folgende Klassifizierung ergeben:

Performance Rating: **Moveable Bollard V/7200[N2A]/48/90:-02**

Certificate



of passed Barrier Testing Programme



Contracting Client:

PollerMax GmbH

Benzstraße 32

48619 Heek

Germany

Certificate No.: TC-12165-3510-19368

30-APR-2020

Type of Product:

moveable bollard, "Secureline 1000-HY"

Test Standard:

IWA 14-1:2013

Test Standard Classification:

IWA 14-1: N2A – 48 km/h

Test Date:

22-APR-2020

Vehicle Restrained:

Yes No

Vehicle Immobilized:

Yes No

Vehicle overcomes barrier:

Yes No

Test Vehicle Kinetic Energy at Impact:

605 kJ

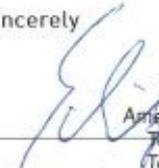
Performance Rating:

Moveable Bollard V/7200[N2A]/48/90:-0.2

Only valid in connection with CTS-Test Report No.: 12165-3510-19368

If completely changed this certification will be replace by certificate no. TC-12165-3510-19368-2.

Sincerely


CTS
crashtest-service.com
Amelunxenstraße 30 | 48167 Münster
Telefon: +49 (0) 2506 7099070
Telefax: +49 (0) 2506 7099099
E-Mail: info@crashtest-service.com
Dipl.-Ing. Peter Schürmann (Managing Partner/Head of Laboratory)

crashtest-service.com GmbH | Amelunxenstraße 30, 48167 Muenster, Germany | www.crashtest-service.com

Abbildung 37 Zertifikat / Klassifizierung Crashtest

X. Fazit

Die in diesem Bericht vorgestellte Verwendung von nachhaltigem, ressourcensparendem Sicherheits-Poller im Straßenraum, ist eine erfolgreiche Alternative zur herkömmlichen, klassischen Frischbeton Fundamentierung.

Es liegt bereits ein Auftrag der Stadt Münster und Dülmen vor. Die Vorteile eines solchen modularen, nachhaltigen, ressourcensparenden Sicherheits-Poller im Straßenraum finden Verwendung und Anerkennung, auch und gerade in öffentlichen Bereichen.

XI. Erste Referenzen

Stadt Münster, Oktober 2020:



Abbildung 38: Münster Überwasserkirche

Stadt Dülmen, Oktober 2020:



Abbildung 39: Dülmen Westring

XII. Literaturverzeichnis, angewandte Normen

DIN EN 2016

DIN EN 12620

DIN EN 2016-1

DIN 1045-2

DIN EN 12620

DIN EN 1504-6:2006-11

XIII. Anhänge

- A1 Certificate of passed Barrier Testing Programme
- A2 Installation and Operation Manuel TISO Safety Bollard
- A3 Testbericht CTS Prüfbericht Nr. 12165-3510-19368
- A4 IWA 14-1 Vehicle security barriers-Part 1
- A5 Festbeton Prüfung nach DIN EN 12390-3 Prüfnummer 100051-16 115113
- A6 Rohstoffdaten RC-Material 0-8mm
- A7 Rohstoffdaten RC-Material 8-22mm