



Technischer Bericht

LAK-073-553-04_2019-09-02b.docx

Kernkraftwerk Krümmel GmbH (KKK)

LasmAaZ - Lager für schwach und mittelradioaktive Abfälle am Zwischenlager

Nachweis der Standsicherheit der Behälterstapel für die Lastfälle Bemessungserdbeben und Explosionsdruckwelle

Name: 

Datum: 02.09.2019

Rev. Nr.: 04

Proj.-Nr.: 417 001

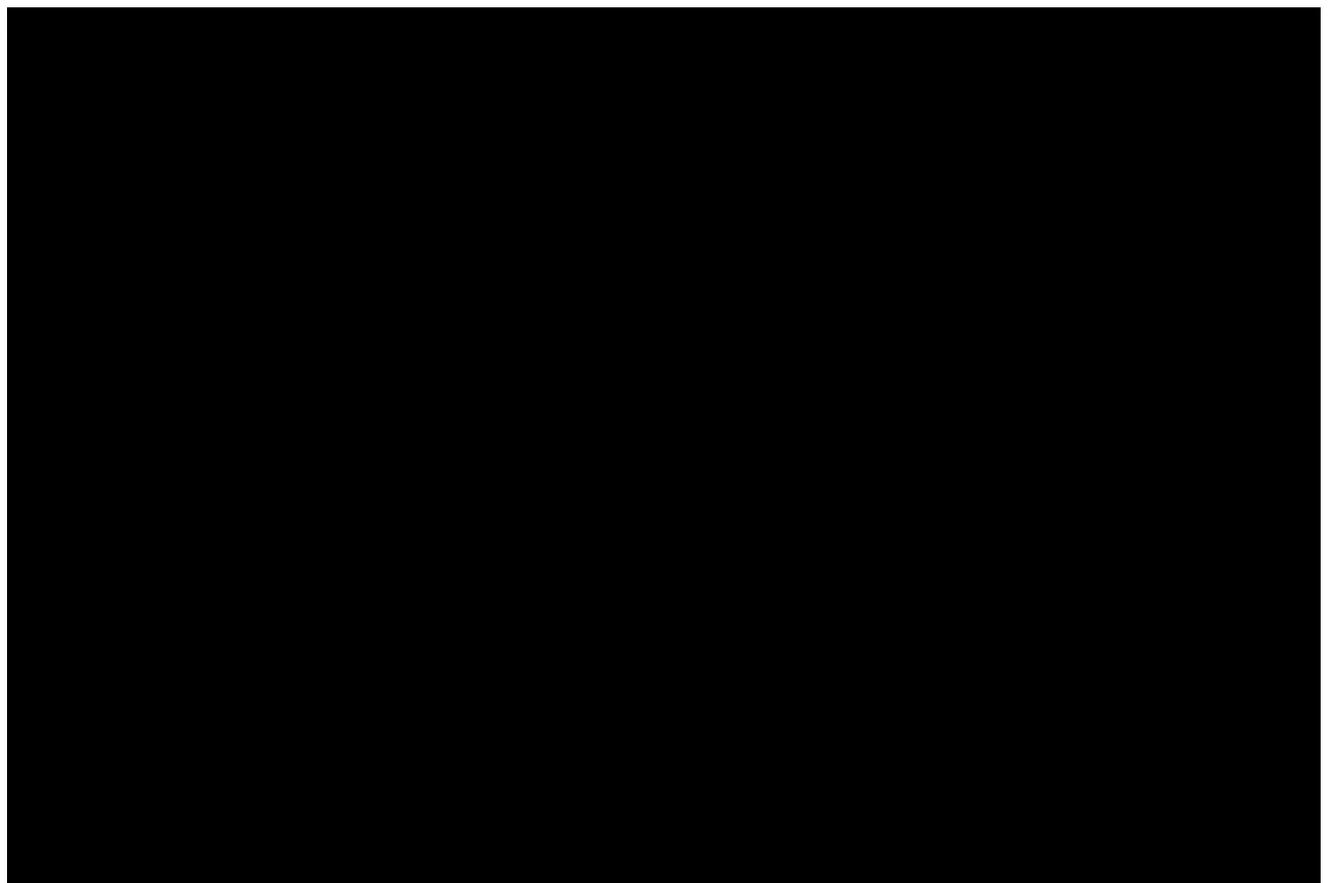
Nr. : LAK/10.0553
GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Seite: 1c

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Revisionen

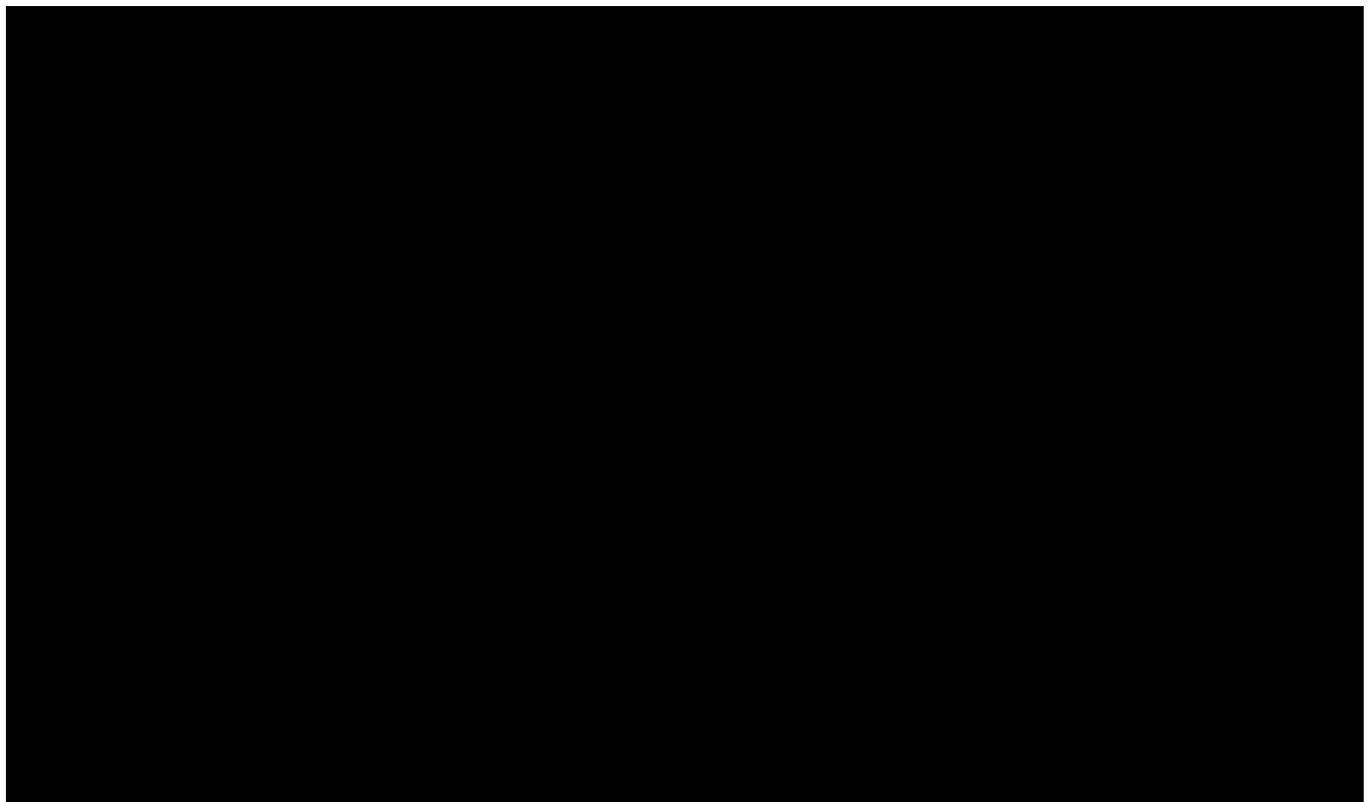
Rev.	Rev.Dat.	Teil	Basis	Von	Bis	IDX	Anz	Bemerkung	Bearbeiter	
		Anlage/ Anhang	Seite	Seite	Seite	Seite	Seiten			
00	05.03.18			1	30		30	Ersterstellung	Tzimoulis	
		Seiten aktuelle Revision:						30		
		Gesamtseitenanzahl					30			



Revisionen

Rev.	Rev.Dat.	Teil	Basis	Von	Bis	IDX	Anz	Bemerkung	Bearbeiter	
		Anlage/ Anhang	Seite	Seite	Seite	Seite	Seiten			
01	11.04.18			1	1	a	1	Titelblatt	Tzimoulis	
				2	2		1	Revision 00		
			2	1	1		1	Revision 01		
				3	30	a	28	Revision 01	Tzimoulis	
		Seiten aktuelle Revision:						31		
		Gesamtseitenanzahl						31		

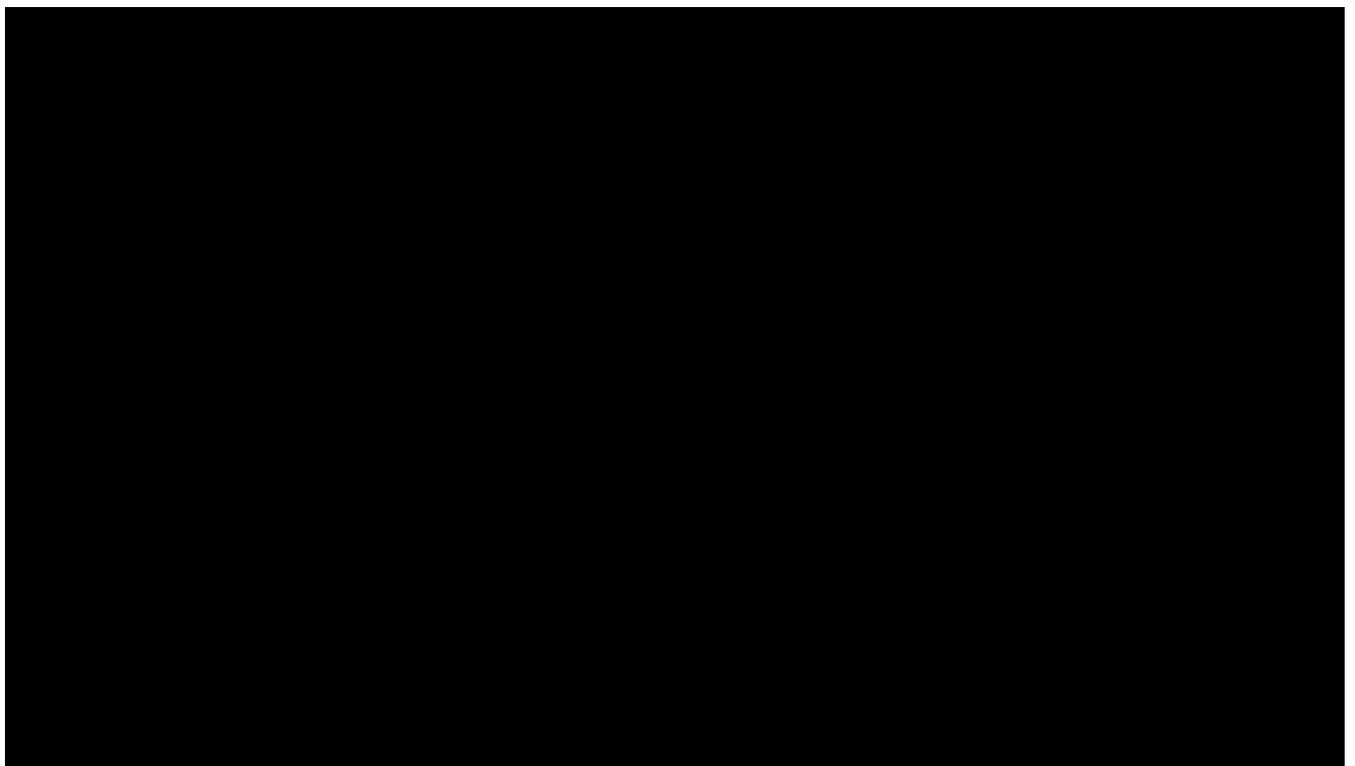
Grund der Revision 01: Verschiedene redaktionelle Änderungen.



Revisionen

Rev.	Rev.Dat.	Teil	Basis	Von	Bis	IDX	Anz	Bemerkung	Bearbeiter	
		Anlage/ Anhang	Seite	Seite	Seite	Seite	Seiten			
02	24.04.18			1	1	b	1	Titelblatt	Tzimoulis	
				2	2		1	Revision 00		
			2	1	2		2	Revision 02		
				3	30	b	28	Revision 02	Tzimoulis	
		Seiten aktuelle Revision:						32		
		Gesamtseitenanzahl						32		

Grund der Revision 02: Aktualisierung der Gebäudebezeichnung.

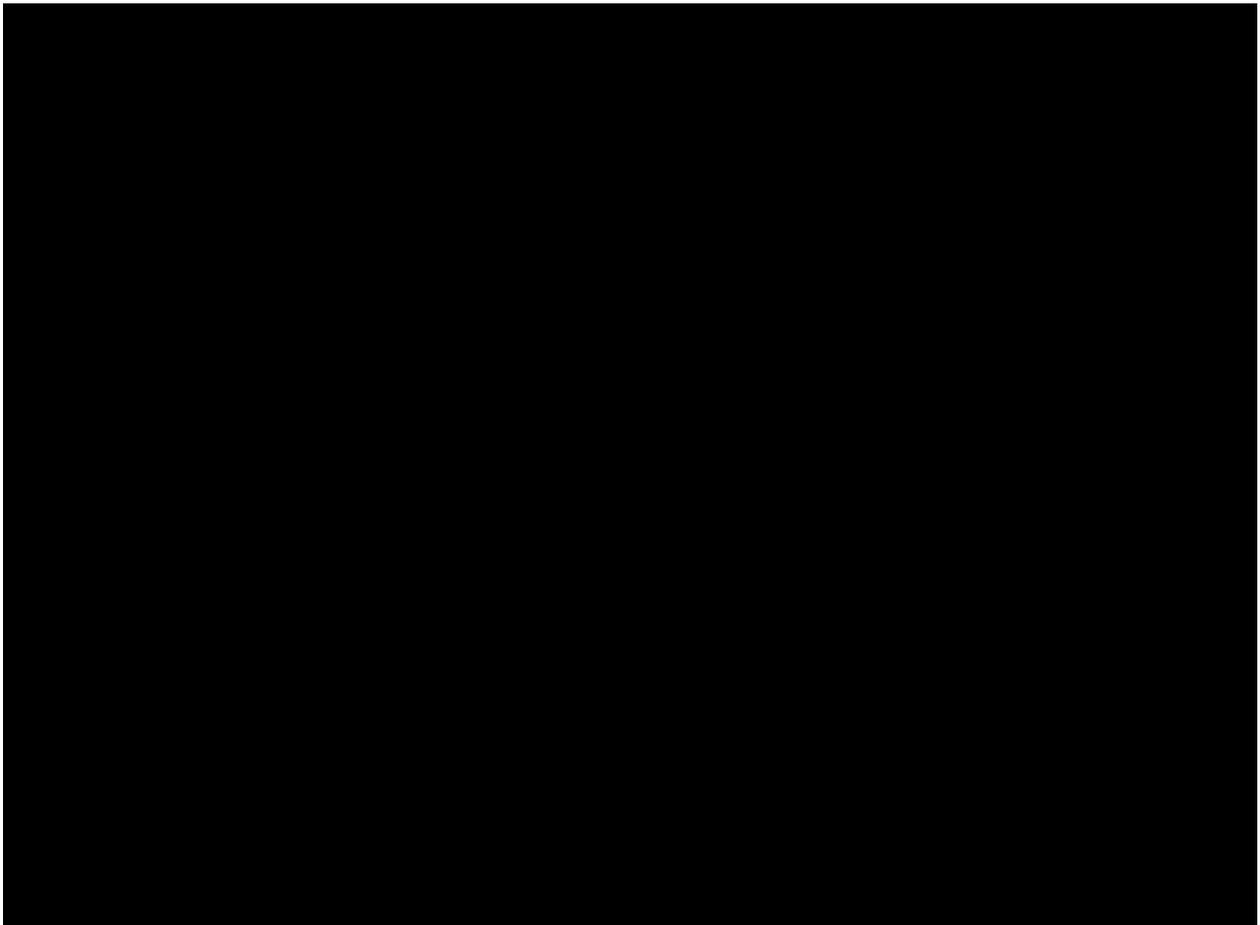


Revisionen

Rev.	Rev.Dat.	Teil	Basis	Von	Bis	IDX	Anz	Bemerkung	Bearbeiter	
		Anlage/ Anhang	Seite	Seite	Seite	Seite	Seiten			
03	17.04.19			1	1	c	1	Titelblatt	Tzimoulis	
			2	3	3		1	Revision 03		
				3	31	c	29	Revision 03	Tzimoulis	
		Seiten aktuelle Revision:						31		
		Gesamtseitenanzahl						34		

Grund der Revision 03: Berechnung mit dem Bodenantwortspektrum des behördlichen Gutachters

BGR



Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: 2.3

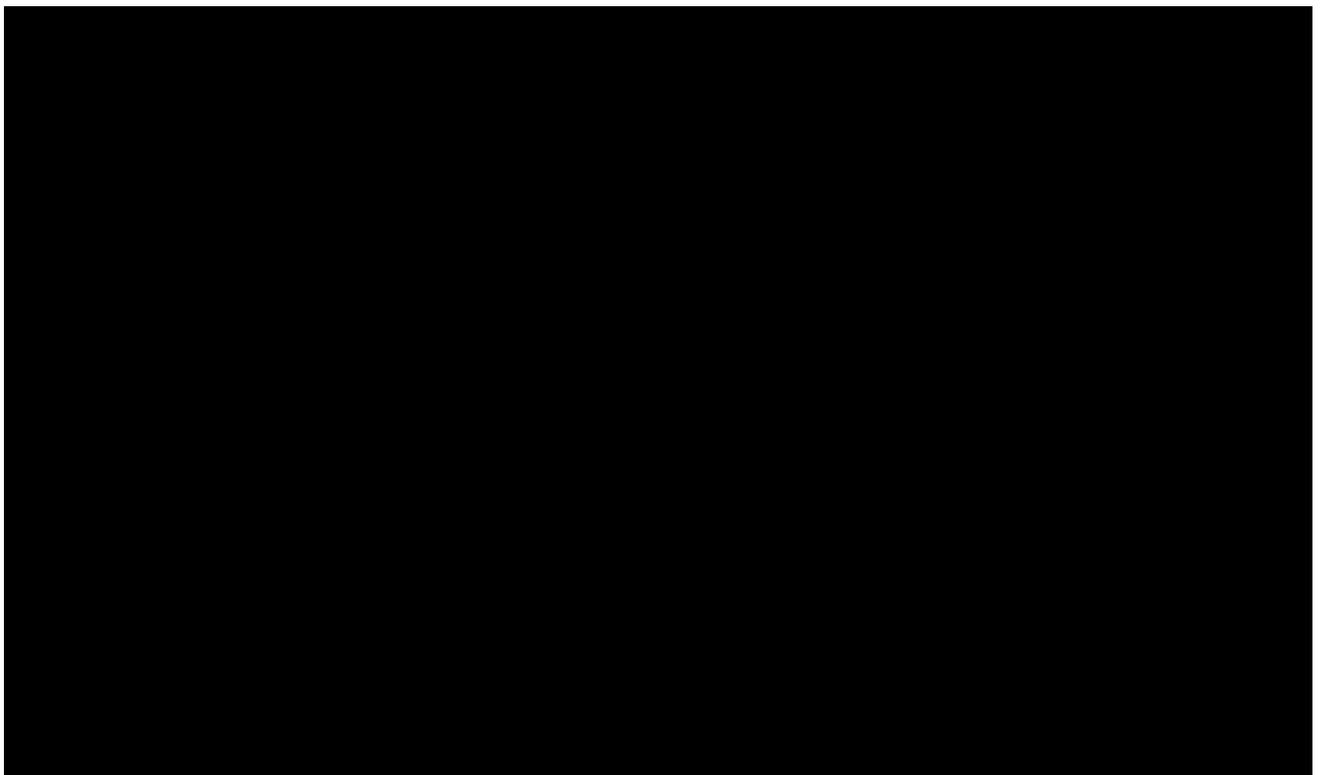
GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Revisionen

Rev.	Rev.Dat.	Teil	Basis	Von	Bis	IDX	Anz	Bemerkung	Bearbeiter	
		Anlage/ Anhang	Seite	Seite	Seite	Seite	Seiten			
04	02.09.19			1	1	d	1	Titelblatt	Hartmann	
			2	4	4		1	Revision 04	“	
				3	205	d	203	Revision 04	Hartmann, Könke	
		A1		A1	A8	d	8	“	“	
		Seiten aktuelle Revision:						213		
		Gesamtseitenanzahl						217		

Grund der Revision 04: Komplettrevision


Proj.-Nr.: 417 001
Nr. : LAK/10.0553
Seite: 2.4

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines.....	6
1.1	Aufgabenstellung	6
1.2	Unterlagen.....	6
1.3	Richtlinien.....	7
1.4	Zusammenfassung	7
1.4.1	Quasistatische Nachweise	7
1.4.2	Nichtlineare Berechnungen Gussbehälter Typ II (MOSAIK)	8
2.	Dynamische Lastannahmen	10
2.1	Etagenantwortspektren bei Bemessungserdbeben BEB	10
2.2	Etagenantwortspektren bei Explosionsdruckwelle EDW	12
3.	Stapelkonzept und Randbedingungen.....	14
3.1	Stapelkonzept	14
3.2	Randbedingungen der Standsicherheitsnachweise	15
4.	Quasistatische Berechnung	19
4.1	Bemessungsbeschleunigungen	19
4.2	Beanspruchungen	20
4.2.1	Beanspruchungsgrößen bei Erdbebenanregung in X-, Y- und Z-Richtung	20
4.2.2	Beanspruchungsgrößen bei Explosionsdruckwelle in X-, Y- und Z-Richtung.....	23
4.3	Kombination der Beanspruchungen für mehrachsige Anregung	25
4.3.1	Kombination der Beanspruchungen für BEB	25
4.3.2	Kombination der Beanspruchungen für EDW	26
4.4	Standsicherheitsnachweise Kippen	27
4.4.1	Widerstand	27
4.4.2	Einwirkung – Lastfall BEB	28
4.4.3	Einwirkung – Lastfall EDW.....	29
4.4.4	Nachweise der Kippsicherheit für den Lastfall BEB.....	30
4.4.5	Nachweise der Kippsicherheit für den Lastfall EDW.....	31

4.5	Standsicherheitsnachweise Rutschen	32
4.5.1	Widerstand	32
4.5.2	Einwirkung für den Lastfall BEB	33
4.5.3	Einwirkung für den Lastfall EDW.....	34
4.5.4	Nachweise der Rutschsicherheit für den Lastfall BEB.....	34
4.5.5	Nachweise der Rutschsicherheit für den Lastfall EDW	34
4.6	Zusammenfassung	35
5.	Nichtlineare dynamische Analyse Gussbehälter Typ II	36
5.1	Allgemeines	36
5.2	Lastannahmen.....	38
5.2.1	Anregung bei Explosionsdruckwelle EDW	38
5.2.2	Anregung bei Bemessungserdbeben 1.2 x BEB.....	48
5.2.3	Eigengewicht	58
5.3	Modell des Behälterstapels	59
5.3.1	Geometrie	59
5.3.2	FE-Modell.....	59
5.3.3	Materialparameter.....	66
5.3.4	Lagerung des Behälterstapels.....	67
5.3.5	Eigenfrequenzen des Behälterstapels.....	68
5.4	Ergebnisse EDW.....	74
5.4.1	Verschiebungs-Zeitverläufe	74
5.4.2	EDW: Verschiebungen Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t.....	75
5.4.3	EDW: Verschiebungen Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t.....	97
5.4.4	EDW: Lagerkräfte Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t.....	119
5.4.5	EDW: Lagerkräfte Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t.....	127
5.5	Ergebnisse 1.2 x BEB.....	135
5.5.1	BEB: Verschiebungen Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t.....	135
5.5.2	BEB: Verschiebungen Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t.....	156
5.5.3	BEB: Lagerkräfte Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t.....	177
5.5.4	BEB: Lagerkräfte Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t.....	185

5.5.5	Sensitivitätsuntersuchung BEB: Einfluss einer elastischen Bettung	
	Stapelkonfiguration 1: 10 / 10 / 10 / 10 t	193
5.6	Zusammenfassung	200
5.6.1	Nichtlineare Berechnungen Lastfall EDW.....	200
5.6.2	Nichtlineare Berechnungen Lastfall 1.2 x BEB.....	203
Anhang 1: Dokumente zu Behälterdaten (Angabe Vattenfall)		1

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 5d
---------------------------	---	------------------

1. Allgemeines

1.1 Aufgabenstellung

Für das neu zu errichtende Lager für schwach und mittelradioaktive Abfälle am Zwischenlager (LasmAaZ), Kraftwerk Krümmel ist die Standsicherheit der dort gelagerten Behälterstapel für die Lastfälle Bemessungserdbeben (BEB) und Explosionsdruckwelle (EDW) nachzuweisen.

Die seismischen Lastannahmen für das BEB sind in der Unterlage [U 1] definiert. Die horizontale Resultierende der Bodenbeschleunigung beträgt 0.73 m/s^2 , die horizontale Komponente 0.56 m/s^2 und die vertikale Komponente 0.37 m/s^2 . Die Erdbebenanregung der Behälterstapel ist durch die Etagenantwortspektren auf der Sohlplatte des LasmAaZ [U 2] gegeben.

Der dynamische Druck-Zeitverlauf für EDW ist in der Richtlinie [R2] definiert. Der reflektierte Spitzenüberdruck am Gebäude beträgt 45 kPa. Die Etagenantwortspektren auf der Sohlplatte für den Lastfall EDW dienen als Explosionsanregung für die Behälterstapel und sind im Bericht [U 6] ermittelt.

1.2 Unterlagen

- [U 1] BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover: Gutachterliche Stellungnahme zu dem seismologischen Gutachten für den Standort des Zwischenlagers am Kernkraftwerk Krümmel in Schleswig-Holstein, Tagebuch Nr. 10501/03, 20.05.2003
- [U 2] HOCHTIEF Engineering: KKK, LasmAaZ - Lager für schwach und mittelradioaktive Abfälle am Zwischenlager, Etagenantwortspektren und Bauwerksbeschleunigungen für den Lastfall Bemessungserdbeben, LAK/10.0552, Rev. 03
- [U 3] KKK, LasmAaZ, Bautechnischer Auslegungsbericht, LAK-070-010
- [U 4] KKK, LasmAaZ, Konzept zur Belegung des LasmAaZ, LAK-010-300
- [U 5] Schneider: Bautabellen für Ingenieure mit europäischen und nationalen Vorschriften, 12. Auflage 1996
- [U 6] HOCHTIEF Engineering: KKK, LasmAaZ - Lager für schwach und mittelradioaktive Abfälle am Zwischenlager, Etagenantwortspektren für den Lastfall Explosionsdruckwelle, LAK/10.0554, Rev. 01
- [U 7] Maissen, A.: Festkörperreibung, Reibungszahlen verschiedener Werkstoffe“, Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 3, 14. Januar 1993

- [U 8] Bundesamt für Strahlenschutz BfS: Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Februar 2017) - Endlager Konrad, Fachbereich Sicherheit nuklearer Entsorgung SE 6.2, Herausgeber: Karin Kugel, Kai Möller, Salzgitter, 10.02.2017
- [U 9] ADINA 9.4.4, User Manual 2017

1.3 Richtlinien

- [R1] KTA 2201: Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen,
Teil 1: Grundsätze, Fassung 2011-11
Teil 2: Baugrund, Fassung 2012-11
Teil 3: Bauliche Anlagen, Fassung 2013-11
Teil 4: Anlagenteile", Fassung 2012-11
- [R2] DIN 25449: Bauteile aus Stahl- und Spannbeton in kerntechnischen Anlagen – Sicherheitskonzept, Einwirkungen, Bemessung und Konstruktion, Ausgabe April 2016
- [R3] KTA 3205.1: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen,
Teil 1: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für Primärkreiskomponenten in Leichtwasserreaktoren, Fassung 2018-10
- [R4] DIN 18202: Toleranzen im Hochbau - Bauwerke, Fassung 2019-07

1.4 Zusammenfassung

1.4.1 Quasi-statische Nachweise

Die Standsicherheit der im LasmAaZ gelagerten Behälterstapel – mit Ausnahme der Gussbehälter Typ II (MOSAİK) - bei BEB und EDW wird mit dem quasi-statischen Ersatzverfahren nachgewiesen. Dazu werden zunächst die Bemessungsbeschleunigungen aus den in [U 2] und [U 6] berechneten Eigenantwortspektren des LasmAaZ für BEB und EDW ermittelt.

Aus den Bemessungsbeschleunigungen werden die Beanspruchungen getrennt für die drei orthogonalen Richtungen ermittelt.

Die Behälterstapel werden für verschiedene Stapelkonfigurationen untersucht, welche sich aus den extremen Füllständen der Behälter (voll und minimal beladen) ergeben.

Konservativ werden für den Lastfall BEB die gleichgerichteten Beanspruchungsgrößen in voller Höhe überlagert und es werden die resultierende horizontale und die vertikale Beschleunigung für die Nachweise der Standsicherheit bestimmt.

Für den Lastfall EDW werden die maximalen Beschleunigungen der unterschiedlichen Richtungen konservativ gleichzeitig angesetzt.

Die Nachweise gegen Kippen und Rutschen für die Lastfälle BEB und EDW können mit diesen Beschleunigungen geführt werden.

1.4.2 Nichtlineare Berechnungen Gussbehälter Typ II (MOSAİK)

Für den Nachweis der Standsicherheit der Gussbehälter Typ II (MOSAİK) unter den Lastfällen Explosionsdruckwelle (EDW) und Bemessungserdbeben (BEB) werden detaillierte nichtlineare Berechnungen nach der direkten Zeitschrittmethod durchgeführt, bei denen die einzelnen aufeinander gestapelten Behälter als dreidimensionale Strukturen modelliert werden, die miteinander über Kontaktflächen verbunden werden. Die Lasten aus BEB werden um einen Vorsorgefaktor von 1.2 erhöht. Es werden unterschiedliche Konfigurationen des Stapel in Bezug auf Behältermassen und Reibungskoeffizienten untersucht.

1.4.2.1 Lastfall EDW

Die maximalen Verschiebungen aller untersuchten Behälterkonfigurationen im Lastfall Explosionsdruckwelle liegen für die meisten untersuchten Konfigurationen bei weniger als 1 mm, für eine Konfiguration bei knapp 3 mm. In verschiedenen Lastszenarien bleiben nach dem Abklingen der Schwingungen geringe horizontale Restverschiebungen von wenigen Zehntel mm zurück.

Die maximalen horizontalen Verschiebungen betragen für $u_x = 0.29$ cm, und für $u_y = 0.25$ cm. Die maximale Relativverschiebung zweier Behälterstapel aufeinander zu, ergibt sich aus der quadratischen Überlagerung der maximalen Auslenkungen. Die Behälterstapel haben einen minimalen Abstand von 32 cm. Die maximale Relativverschiebung ca. 0.4 cm liegt deutlich unterhalb des halben Abstandswerts. Eine gegenseitige Berührung der Behälterstapel während des Lastfalls EDW kann ausgeschlossen werden.

Ein Umkippen der Behälter oder ein Abrutschen aufeinander kann ausgeschlossen werden. Die Behälterstapel des Gussbehälter Typ II bleiben standsicher.

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 8d
---------------------------	---	------------------

1.4.2.2 Lastfall 1.2 x BEB

Die maximalen Verschiebungen aller untersuchten Behälterkonfigurationen im Lastfall Bemessungs-erdbeben liegen für alle untersuchten Konfigurationen bei weniger als 1 mm. In verschiedenen Lastszenarien bleiben nach dem Abklingen der Schwingungen sehr geringe horizontale Restverschiebungen von weniger als $1 \cdot 10^{-5}$ m zurück.

Die maximalen horizontalen Verschiebungen betragen für $u_x = 1.10$ cm, und für $u_y = 0.90$ cm. Die maximale Relativverschiebung von ca. 1.4 cm liegt deutlich unterhalb des halben Abstandswerts der Stapel untereinander. Eine gegenseitige Berührung der Behälterstapel während des Lastfalls 1.2 x BEB kann ausgeschlossen werden.

Ein Umkippen der Behälter oder ein Abrutschen aufeinander kann ausgeschlossen werden. Die Behälterstapel des Gussbehälter Typ II bleiben standsicher.

2. Dynamische Lastannahmen

2.1 Etagenantwortspektren bei Bemessungserdbeben BEB

Die Behälterstapel stehen auf der Sohlplatte von LasmAaZ in den jeweiligen Lagerbereichen. Die Hallenlängsrichtung ist im Weiteren als X-, die Hallenquerrichtung als Y-Richtung bezeichnet. Grundlage für die Standsicherheitsnachweise der Behälterstapel für den Lastfall BEB sind die Etagenantwortspektren aus [U 2]. Die seismischen Lastannahme für die Berechnung der Etagenantwortspektren wurden konform zu [U 3] gemäß dem seismologischen Gutachten von BGR [U 1] angesetzt. Die horizontale Resultierende der Bodenbeschleunigung beträgt 0.73 m/s^2 , die horizontale Komponente 0.56 m/s^2 und die vertikale Komponente 0.37 m/s^2 . Die Spektralwerte und das Bemessungsspektrum sind in [U 2] dokumentiert.

Die in [U 2] errechneten einhüllenden Etagenantwortspektren bei BEB, welche für die Standsicherheitsnachweise der Behälterstapel genutzt werden, sind in Abbildung 2-1 bis Abbildung 2-3 gezeigt.

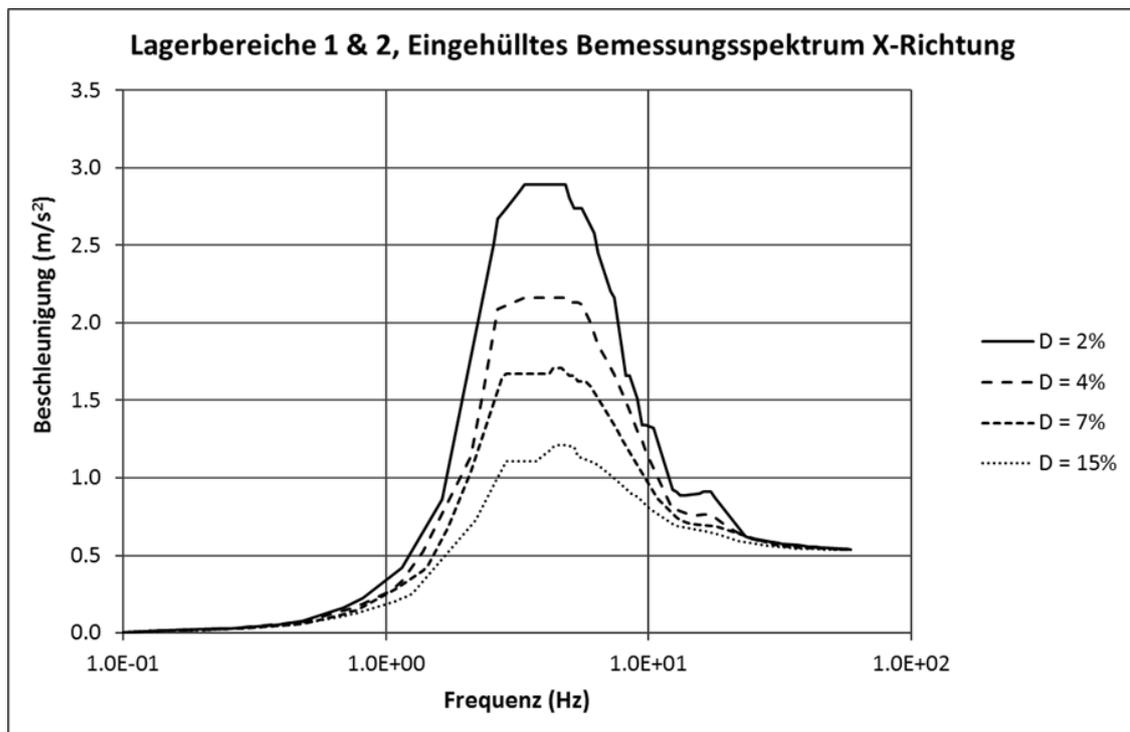


Abbildung 2-1: Etagenantwortspektrum bei BEB in X-Richtung aus [U 2]

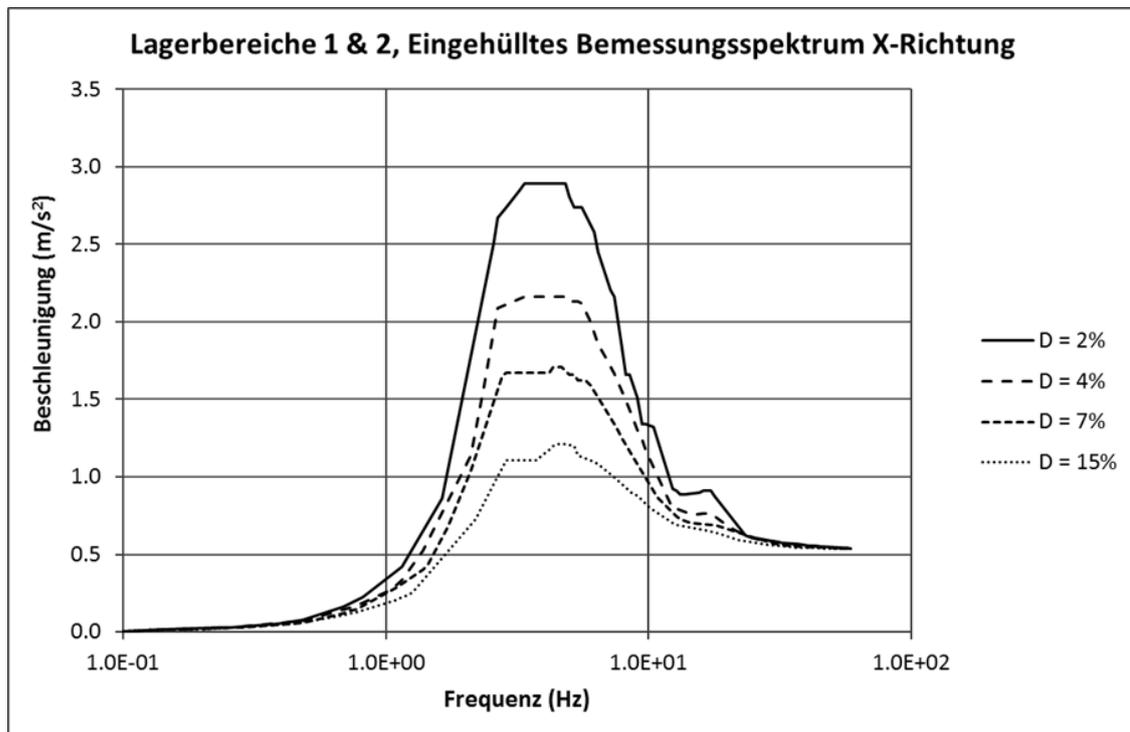


Abbildung 2-2: Etagenantwortspektrum bei BEB in Y-Richtung aus [U 2]

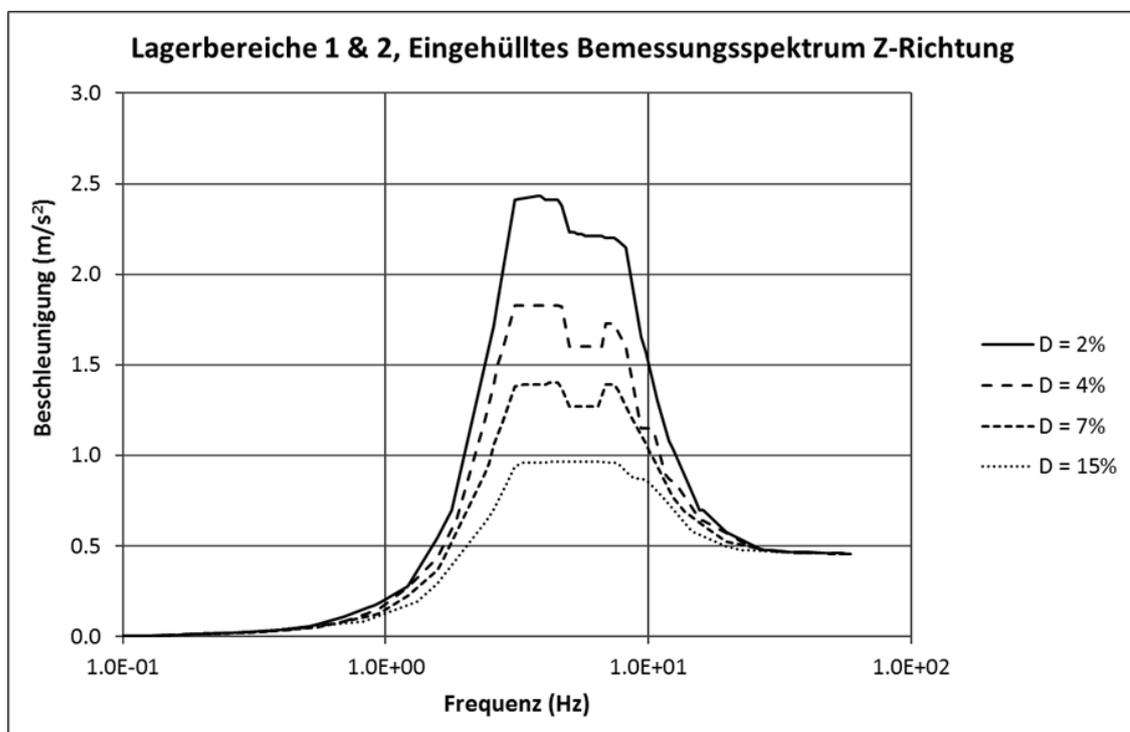


Abbildung 2-3: Etagenantwortspektrum bei BEB in Z-Richtung aus [U 2]

2.2 Etagenantwortspektrn bei Explosionsdruckwelle EDW

Grundlage für die Standsicherheitsnachweise der Behälterstapel für den Lastfall EDW sind die Etagenantwortspektrn aus [U 6]. Der dynamische Druck-Zeitverlauf für die Berechnung der Etagenantwortspektrn bei EDW ist in der Richtlinie [R2] definiert. Der reflektierte Spitzenüberdruck am Gebäude beträgt 45 kPa.

Die in [U 2] gerechneten einhüllenden Etagenantwortspektrn bei EDW, welche für die Standsicherheitsnachweise der Behälterstapel genutzt werden, sind in Abbildung 2-4 bis Abbildung 2-6 gezeigt.

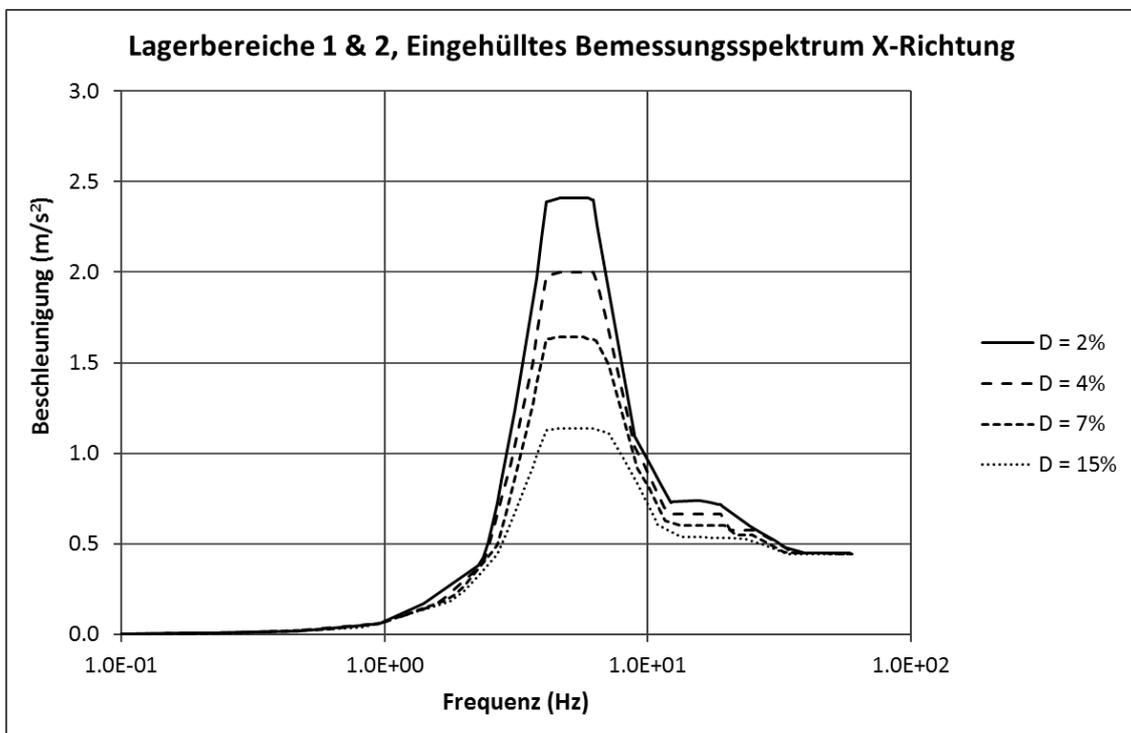


Abbildung 2-4: Etagenantwortspektrum bei EDW in X-Richtung aus [U 6]

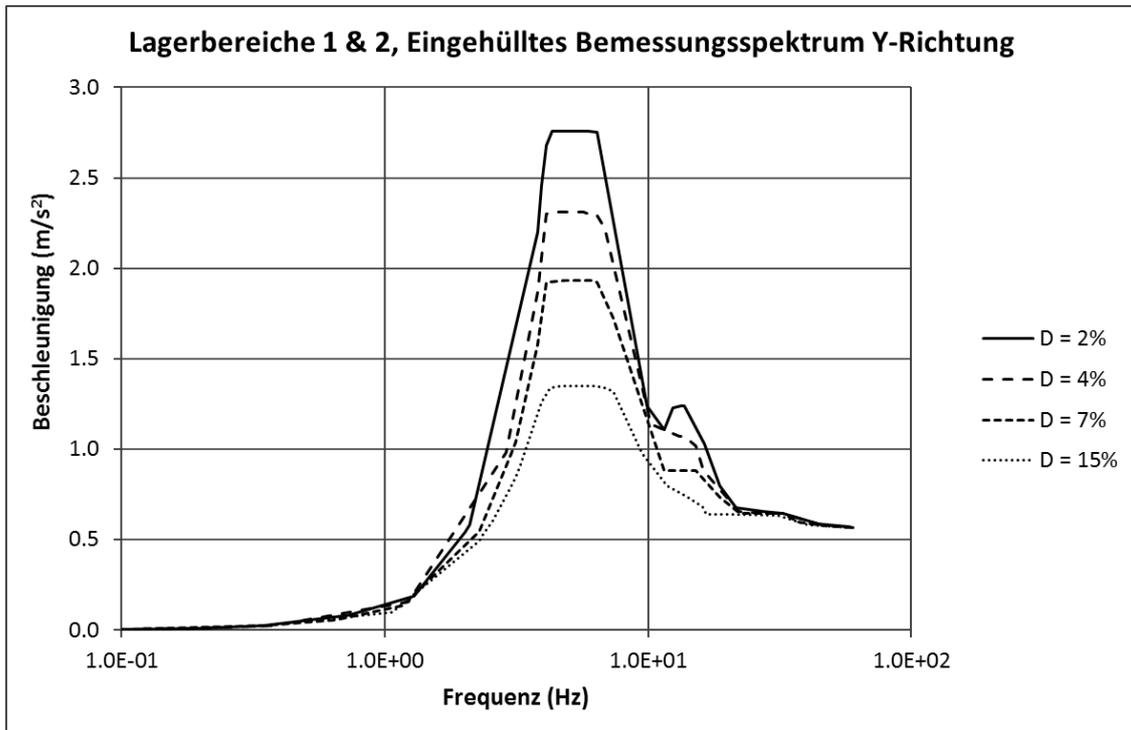


Abbildung 2-5: Etagenantwortspektrum bei EDW in Y-Richtung aus [U 6]

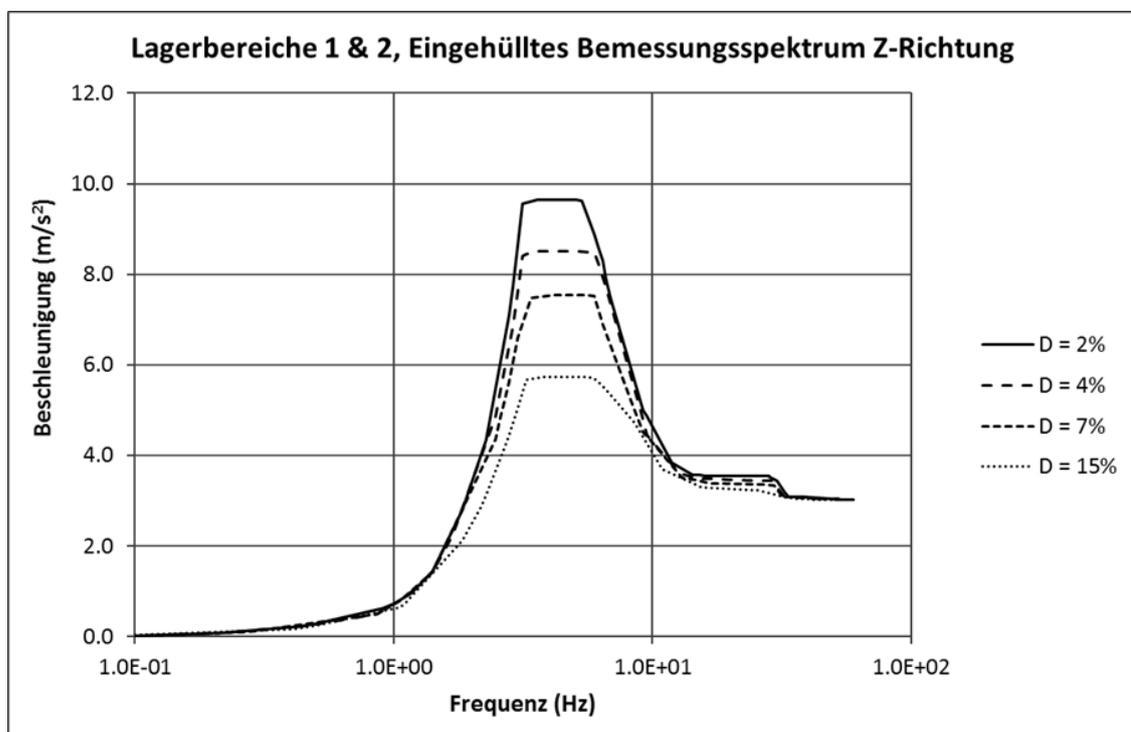


Abbildung 2-6: Etagenantwortspektrum bei EDW in Z-Richtung aus [U 6]

3. Stapelkonzept und Randbedingungen

3.1 Stapelkonzept

In den Lagerbereichen des LasmAaZ werden die Abfallgebände gestapelt zwischengelagert. Die Belegung erfolgt nach dem Stapelkonzept [U 4]. Für die in Tabelle 3-1 spezifizierten Daten der Behälterstapel und den in Tabelle 3-2 angegebenen Stapelkonfigurationen werden die Standsicherheitsuntersuchungen durchgeführt. Die verschiedenen Stapelkonfigurationen der Behälter ergeben sich aus den Füllständen der Behälter (Gebindemindestmasse bzw. maximale Behältermasse). Dokumente, aus denen die aufgeführten Angaben von Vattenfall abgeleitet wurden, befinden sich in Anhang 1.

		Gussbeh. Typ II (MOSAIK®)	Container Typ II	Container Typ III	Container Typ IV
	Einheit				
min. Kantenlänge/Durchmesser	[mm]	1.060	1.600	1.700	1.700
Aufstandsdurchmesser	[mm]	820		Aufstandsfläche grundsätzlich	
max. Kantenlänge	[mm]	-	1.700	3.000	3.000
Einzelhöhe	[mm]	1.500	1.700	1.700	1.400 - 1.450
Behälter -LEER-	[Mg]	4,5	1,3	1,4	1,6
GebindeMINDESTmasse	[Mg]	5,0	2,0	3,0	4,0
typische Behältermasse; beladen	[Mg]	8,0	14,0	12,0	12,0
maximale Behältermasse	[Mg]	9,89	20,0	20,0	20,0
Stapelung	[]	4-lagig	4-lagig	4-lagig	5-lagig

		Container Typ V	Container Typ VI (SBC)	Container Typ VI (Guss)	Standard- Container 20'
	Einheit				
min. Kantenlänge/Durchmesser	[mm]	2.000	1.600	1.600	2.438
Aufstandsdurchmesser	[mm]	zlich 4x ISO-Ecke, Bodenfreiheit 5 - 40 mm			
max. Kantenlänge	[mm]	3.200	200	2.000	6.058
Einzelhöhe	[mm]	1.700	1.700	1.700	2.438 - 2.591
Behälter -LEER-	[Mg]	2,5	1,2	18,0	2,0
GebindeMINDESTmasse	[Mg]	5,0	2,0	19,0	2,5
typische Behältermasse; beladen	[Mg]	14,0	2,0	20,0	16,0
maximale Behältermasse	[Mg]	20,0	15,5	20,0	26,0
Stapelung	[]	4-lagig	4-lagig	4-lagig	2-lagig

Tabelle 3-1: Daten der im LasmAaZ einzulagernden Behälterstapel für die Standsicherheitsnachweise (Vorgabe VENE)

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 14d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

3.2 Randbedingungen der Standsicherheitsnachweise

Für die Standsicherheitsnachweise werden zwei Stapelkonstellationen untersucht. In der Stapelkonstellation 01 stehen nur Behälter mit der maximalen Masse in einem Stapel, in der Stapelkonstellation besitzt der oberste Behälter die maximale Masse, die übrigen, sich darunter befindenden Behälter aber ihre Mindestmasse.

Bezüglich einer exzentrischen Schwerpunktlage der Behälter im Stapel infolge exzentrischer Beladung, Unebenheiten des Hallenbodens oder Absetztoleranzen des Krans, wurden folgende Annahmen getroffen.

Generell wurde für alle untersuchten Stapelkonfigurationen eine Schrägstellung von 1% angesetzt. Dieser Wert ist groß gegenüber den maximal zulässigen Toleranzen der Unebenheiten des Hallenbodens nach DIN 18202 [R4] gemäß der der Hallenboden gefertigt werden soll (Die zulässige Toleranz entspricht auf eine Länge von 2 m bezogen 0.3%). In der angesetzten Schrägstellung von 1% sind daher auch Toleranzen bezüglich des Stapelvorgangs und Absetzgenauigkeiten des Krans enthalten. Letztere liegt bei 5 mm.

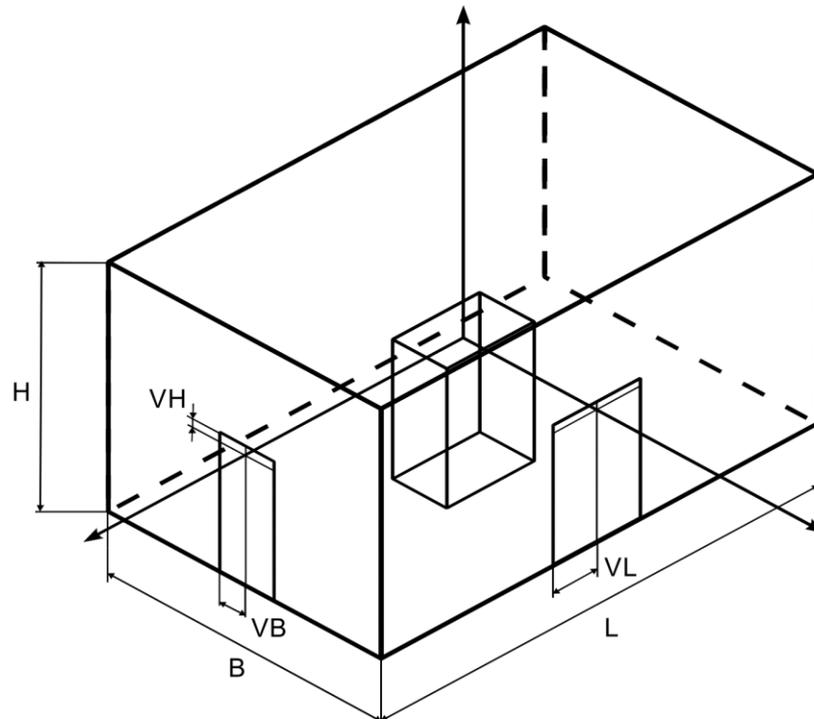
Zusätzlich wird für die Konrad-Container eine exzentrische Beladung berücksichtigt. Gemäß [U 8] sind die maximalen Ausmitten der einzelnen Behälter wie in Abbildung 3-1 angegeben. Da nicht unterstellt werden muss, dass alle Behälter in einem Stapel die jeweils ungünstigen Ausmitten aufweisen, wird eine ausgleichende Mittelung der Ausmitten über den Behälterstapel angesetzt. Diese wird ingenieurmäßig zu $\frac{1}{4}$ der Maximalwerte der Ausmitten der Einzelbehälter angenommen (Mindeststapelung 4-fach).

In den Standsicherheitsnachweisen der Konrad-Container wird des Weiteren der Einsatz möglicher Abstandhalter, Stapelhilfen und Sockelkonstruktionen berücksichtigt. Nach Vorgaben von Vattenfall können die in Abbildung 3-2 gezeigten Abstandhalter und Sockelkonstruktionen zum Einsatz kommen. Konservativ wird eine Verschiebung des Schwerpunktes um 12 cm (Höhe der Sockelkonstruktion) nach oben für jeden Konrad-Container im Stapel angesetzt.

Es sei darauf hingewiesen, dass die zuvor beschriebenen Annahmen bezüglich der Schwerpunktlagen in Summe stark konservativ sind.

Tabelle 3-2 zeigt zusammenfassend die Berechnungsannahmen und die Eingangswerte der Standsicherheitsnachweise.

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 15d
---------------------------	---	-------------------



Transport- einheit	Abmessungen			Schwerpunktlage		
	Länge L m	Breite B m	Höhe H m	Verschiebung VL m	Verschiebung VB m	Verschiebung VH**) m
Container Typ I	1,60	1,70	1,45*)	± 0,16	± 0,17	0,26
Container Typ II	1,60	1,70	1,70	± 0,16	± 0,17	0,31
Container Typ III	3,00	1,70	1,70	± 0,30	± 0,17	0,23
Container Typ IV	3,00	1,70	1,45*)	± 0,30	± 0,17	0,24
Container Typ V	3,20	2,00	1,70	± 0,32	± 0,20	0,10
Container Typ VI	1,60	2,00	1,70	± 0,16	± 0,20	0,33
Tauschpalette	2,56	2,00	1,70	± 0,11	± 0,16	0,02
Transportpalette	2,56	2,00	2,00	± 0,11	± 0,16	0,05

*) Stapelhöhe bei Typ I/KfK und Typ IV/KfK: 1400 mm

**) Verschiebungen der Höhe des Schwerpunktes von der Mittellage nach unten sind nicht beschränkt

Konrad	Standardisierte Behälter für radioaktive Abfälle	Anhang I
BfS	Abmessungen und Schwerpunktlage von Transporteinheiten	Abbildung 15

Abbildung 3-1: Abmessungen und Schwerpunktlagen der Konrad-Container [U 8]

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 16d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

- + Mindestabstand zwischen MOSAIK-Behältern: 0,32 m
- + Mindestabstand zwischen kubischen Behältern: 0,13 m
- + Stapelhilfen vorhanden, aber Verwendung nicht vorgeschrieben

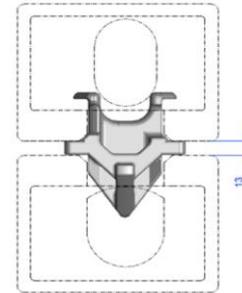
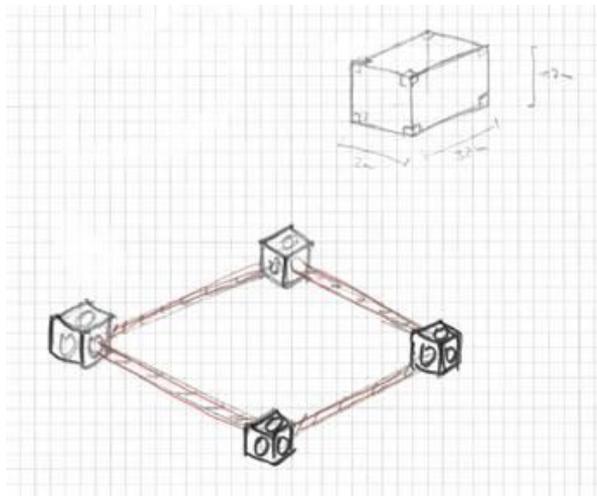


Abbildung 3-2: Mögliche Abstandhalter, Stapelhilfen und Sockelkonstruktionen für Konrad-Container (Vorgabe VENE)

	Schwerpunktlage je Behälter				Stapellagen		Gebindemasse [t]		Stapel-konstellation 01		Stapel-konstellation 02	
	x		y		z	max	min	(alle max)		(oberster Behälter max, darunter min)		
	max	min	max	min				Masse [t]	Höhe Schwerpunkt [m]	Masse [t]	Höhe Schwerpunkt [m]	
Gussbehälter Typ II	0.43	0.40	-	-	0.76	4	10.00*	5.00	40.00	3.01	25.00	3.46
Container Typ II	0.86	0.74	0.91	0.79	1.00	4	20.00	2.00	80.00	3.73	26.00	5.62
Container Typ III	0.91	0.79	1.59	1.41	1.00	4	20.00	3.00	80.00	3.73	29.00	5.33
Container Typ IV	0.91	0.79	1.59	1.41	0.88	5	20.00	4.00	100.00	4.02	36.00	5.41
Container Typ V	1.07	0.93	1.70	1.50	0.97	4	20.00	5.00	80.00	3.70	35.00	4.87
Container Typ VI (SBC)	0.86	0.74	1.07	0.93	1.01	4	15.50	2.00	62.00	3.74	21.50	5.46
Container Typ VI (Guss)	0.86	0.74	1.07	0.93	1.01	4	20.00	19.00	80.00	3.74	77.00	3.78
20' Container	1.24	1.19	3.05	3.00	1.36	2	26.00	2.50	52.00	2.65	28.50	3.72

*aufgerundet

Tabelle 3-2: Eingangswerte der Standsicherheitsnachweise: Stapelkonfigurationen und Lage des Schwerpunkts

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 18d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

4. Quasi-statische Berechnung

Für die Stapel der Konrad-Container und den 20'-Container werden die Nachweise der Standsicherheit mit dem quasi-statischen Ersatzkraftverfahren geführt.

4.1 Bemessungsbeschleunigungen

Die dynamischen Belastungen der Behälterstapel dürfen gemäß KTA 2201.4 [R1] mit dem quasi-statischen Ersatzverfahren bestimmt werden. In diesem Verfahren ergibt sich die Ersatzbeschleunigung, die für die Auslegung in der i-ten Richtung verwendet wird, aus

$$a_{E,i} = e_i \cdot S_{a,i}$$

Der Beschleunigungswert $S_{a,i}$ ist der größte Wert der Spektralbeschleunigungen für Frequenzen größer oder gleich der ersten Eigenfrequenz aus dem anzusetzenden Etagenantwortspektrum in Richtung i. Die Behälter im Lagerzustand können als in sich starre Struktur betrachtet werden. Zur dynamischen Auslegung der Behälterstapel darf daher die Starrkörperbeschleunigung angesetzt werden.

Anmerkung zum Vorgehen: Die Grundannahme des quasi-statischen Nachweisverfahren sind starre Behälter auf starrem Untergrund. Die Anregung ist damit die maximale Amplitude der ermittelten Beschleunigungszeitverläufe je Raumrichtung (Starrkörperwert der einhüllenden Etagenantwortspektren). Unter diesen Annahmen werden das Kippen und Rutschen der Stapel untersucht. Sind diese Nachweise erfolgreich, d.h. kann ein Verrutschen der Behälter untereinander und auf dem Hallenfußboden und ein Abheben (klaffende Fuge) im Behälterstapel ausgeschlossen werden, ist dadurch die Grundannahme eines starren Behälterstapels bestätigt. Eine evtl. ungünstig wirkende Nachgiebigkeit des Bodens wird aufgrund der starren Bodenplatte nicht erwartet. Hierzu wurde in Kapitel 5.5.5 eine Sensitivitätsuntersuchung durchgeführt, die diese Annahme im Wesentlichen bestätigt. Durch den Beleg eines starren Stapels auf starrem Untergrund ist implizit der Nachweis erbracht, dass der Stapel sich nicht verformt. Ebenso ist dadurch der Eingangsparameter der Starrkörperbeschleunigung bestätigt.

Der Faktor e_i zur Erfassung der Beiträge mehrerer Eigenschwingungen darf nach KTA 2201.4 für starre Komponenten zu $e_i = 1.0$ gesetzt werden.

Konkret ergeben sich aus den Spektren in Abbildung 2-1 bis Abbildung 2-3 und Abbildung 2-4 bis Abbildung 2-6 für die einzelnen Richtungen die folgenden Bemessungsbeschleunigungen:

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 19d
---------------------------	---	-------------------

Lastfall BEB

$$a_{E,x} = 0.54 \text{ m/s}^2 \quad (\text{horizontale X-Richtung})$$

$$a_{E,y} = 0.56 \text{ m/s}^2 \quad (\text{horizontale Y-Richtung})$$

$$a_{E,z} = 0.46 \text{ m/s}^2 \quad (\text{vertikale Z-Richtung})$$

Lastfall EDW

$$a_{E,x} = 0.44 \text{ m/s}^2 \quad (\text{horizontale X-Richtung})$$

$$a_{E,y} = 0.57 \text{ m/s}^2 \quad (\text{horizontale Y-Richtung})$$

$$a_{E,z} = 3.02 \text{ m/s}^2 \quad (\text{vertikale Z-Richtung})$$

4.2 Beanspruchungen

4.2.1 Beanspruchungsgrößen bei Erdbebenanregung in X-, Y- und Z-Richtung

Gemäß KTA 2201.1, Abs. 4.3.1(2) [R1] darf die Erdbebenanregung getrennt nach den drei orthogonalen Richtungen X, Y und Z angesetzt werden. Es ergeben sich nach den folgenden Formeln Beanspruchungsgrößen für die Kräfte und Momente (Tabelle 4-1 - Tabelle 4-3).

Die Momente beziehen sich jeweils auf den Kippunkt an der Außenseite der Behälteraufstandsfläche. $M_{E,x}$ und $M_{E,y}$ sind die Kippmomente infolge der Erdbebenanregung in horizontaler X- bzw. Y-Richtung, $M_{E,z}$ ist das Kippmoment infolge der Erdbebenanregung in vertikaler Richtung. Letzteres führt zu einer Kippung des Behälters in Richtung der resultierenden horizontalen Beanspruchung.

aus Anregung in X-Richtung:

$$F_{E,x}(E_x) = M \cdot a_{E,x}$$

$$F_{E,y}(E_x) = 0$$

$$F_{E,z}(E_x) = 0$$

$$M_{E,x}(E_x) = 0$$

$$M_{E,y}(E_x) = M \cdot a_{E,x} \cdot H_S$$

aus Anregung in Y-Richtung:

$$F_{E,x}(E_y) = 0$$

$$F_{E,y}(E_y) = M \cdot a_{E,y}$$

$$F_{E,z}(E_y) = 0$$

$$M_{E,x}(E_y) = M \cdot a_{E,y} \cdot H_S$$

$$M_{E,y}(E_y) = 0$$

aus Anregung in Z-Richtung: $F_{E,x}(E_z) = 0$

$$F_{E,y}(E_z) = 0$$

$$F_{E,z}(E_z) = M \cdot a_{E,z}$$

$$M_{E,r}(E_z) = M \cdot a_{E,z} \cdot B/2$$

Beanspruchungsgrößen aus Anregung in x-Richtung									
		B/2	H _S	F _{E,x} / M	F _{E,y} / M	F _{E,z} / M	M _{E,x} / M	M _{E,y} / M	M _{E,r} / M
		[m]	[m]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	0.91	3.73	0.54	0	0	0	2.02	0
	Container Typ III	1.59	3.73	0.54	0	0	0	2.01	0
	Container Typ IV	1.59	4.02	0.54	0	0	0	2.17	0
	Container Typ V	1.70	3.70	0.54	0	0	0	2.00	0
	Container Typ VI (SBC)	1.07	3.74	0.54	0	0	0	2.02	0
	Container Typ VI (Guss)	1.07	3.74	0.54	0	0	0	2.02	0
	20' Container	3.05	2.65	0.54	0	0	0	1.43	0
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	0.91	5.62	0.54	0	0	0	3.04	0
	Container Typ III	1.59	5.33	0.54	0	0	0	2.88	0
	Container Typ IV	1.59	5.41	0.54	0	0	0	2.92	0
	Container Typ V	1.70	4.87	0.54	0	0	0	2.63	0
	Container Typ VI (SBC)	1.07	5.46	0.54	0	0	0	2.95	0
	Container Typ VI (Guss)	1.07	3.78	0.54	0	0	0	2.04	0
	20' Container	3.05	3.72	0.54	0	0	0	2.01	0

Tabelle 4-1: Beanspruchungsgrößen aus Anregung in X-Richtung für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall BEB

Beanspruchungsgrößen aus Anregung in y-Richtung									
		B/2	H _s	F _{E,x} / M	F _{E,y} / M	F _{E,z} / M	M _{E,x} / M	M _{E,y} / M	M _{E,r} / M
		[m]	[m]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	0.91	3.73	0	0.56	0	2.09	0	0
	Container Typ III	1.59	3.73	0	0.56	0	2.09	0	0
	Container Typ IV	1.59	4.02	0	0.56	0	2.25	0	0
	Container Typ V	1.70	3.70	0	0.56	0	2.07	0	0
	Container Typ VI (SBC)	1.07	3.74	0	0.56	0	2.10	0	0
	Container Typ VI (Guss)	1.07	3.74	0	0.56	0	2.10	0	0
	20' Container	3.05	2.65	0	0.56	0	1.48	0	0
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	0.91	5.62	0	0.56	0	3.15	0	0
	Container Typ III	1.59	5.33	0	0.56	0	2.98	0	0
	Container Typ IV	1.59	5.41	0	0.56	0	3.03	0	0
	Container Typ V	1.70	4.87	0	0.56	0	2.73	0	0
	Container Typ VI (SBC)	1.07	5.46	0	0.56	0	3.06	0	0
	Container Typ VI (Guss)	1.07	3.78	0	0.56	0	2.12	0	0
	20' Container	3.05	3.72	0	0.56	0	2.08	0	0

Tabelle 4-2: Beanspruchungsgrößen aus Anregung in Y-Richtung für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall BEB

Beanspruchungsgrößen aus Anregung in z-Richtung									
		B/2	H _s	F _{E,x} / M	F _{E,y} / M	F _{E,z} / M	M _{E,x} / M	M _{E,y} / M	M _{E,r} / M
		[m]	[m]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	0.91	3.73	0	0	0.46	0	0	0.42
	Container Typ III	1.59	3.73	0	0	0.46	0	0	0.73
	Container Typ IV	1.59	4.02	0	0	0.46	0	0	0.73
	Container Typ V	1.70	3.70	0	0	0.46	0	0	0.78
	Container Typ VI (SBC)	1.07	3.74	0	0	0.46	0	0	0.49
	Container Typ VI (Guss)	1.07	3.74	0	0	0.46	0	0	0.49
	20' Container	3.05	2.65	0	0	0.46	0	0	1.41
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	0.91	5.62	0	0	0.46	0	0	0.42
	Container Typ III	1.59	5.33	0	0	0.46	0	0	0.73
	Container Typ IV	1.59	5.41	0	0	0.46	0	0	0.73
	Container Typ V	1.70	4.87	0	0	0.46	0	0	0.78
	Container Typ VI (SBC)	1.07	5.46	0	0	0.46	0	0	0.49
	Container Typ VI (Guss)	1.07	3.78	0	0	0.46	0	0	0.49
	20' Container	3.05	3.72	0	0	0.46	0	0	1.41

Tabelle 4-3: Beanspruchungsgrößen aus Anregung in Z-Richtung für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall BEB

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 22d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

4.2.2 Beanspruchungsgrößen bei Explosionsdruckwelle in X-, Y- und Z-Richtung

Die Explosionsanregung wird analog zur Erdbebenanregung (s. Abschnitt 4.2.1) getrennt nach den drei orthogonalen Richtungen X, Y und Z angesetzt. Der Kippnachweis für EDW beschränkt sich auf die maßgebliche Kippung um die schwache Achse.

Es ergeben sich Beanspruchungsgrößen für die Kräfte und Momente, welche in Tabelle 4-4 bis Tabelle 4-6 dargestellt sind.

Beanspruchungsgrößen aus Anregung in x-Richtung									
		B/2	H _S	F _{E,x} / M	F _{E,y} / M	F _{E,z} / M	M _{E,x} / M	M _{E,y} / M	M _{E,z} / M
		[m]	[m]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	0.86	3.73	0.44	0	0	0	1.64	0
	Container Typ III	0.91	3.73	0.44	0	0	0	1.64	0
	Container Typ IV	0.91	4.02	0.44	0	0	0	1.77	0
	Container Typ V	1.07	3.70	0.44	0	0	0	1.63	0
	Container Typ VI (SBC)	0.86	3.74	0.44	0	0	0	1.65	0
	Container Typ VI (Guss)	0.86	3.74	0.44	0	0	0	1.65	0
	20' Container	1.24	2.65	0.44	0	0	0	1.17	0
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	0.86	5.62	0.44	0	0	0	2.47	0
	Container Typ III	0.91	5.33	0.44	0	0	0	2.34	0
	Container Typ IV	0.91	5.41	0.44	0	0	0	2.38	0
	Container Typ V	1.07	4.87	0.44	0	0	0	2.14	0
	Container Typ VI (SBC)	0.86	5.46	0.44	0	0	0	2.40	0
	Container Typ VI (Guss)	0.86	3.78	0.44	0	0	0	1.66	0
	20' Container	1.24	3.72	0.44	0	0	0	1.64	0

Tabelle 4-4: Beanspruchungsgrößen aus Anregung in X-Richtung für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall EDW

Beanspruchungsgrößen aus Anregung in y-Richtung									
		B/2	H _s	F _{E,x} / M	F _{E,y} / M	F _{E,z} / M	M _{E,x} / M	M _{E,y} / M	M _{E,r} / M
		[m]	[m]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	0.86	3.73	0	0.57	0	2.13	0	0
	Container Typ III	0.91	3.73	0	0.57	0	2.12	0	0
	Container Typ IV	0.91	4.02	0	0.57	0	2.29	0	0
	Container Typ V	1.07	3.70	0	0.57	0	2.11	0	0
	Container Typ VI (SBC)	0.86	3.74	0	0.57	0	2.13	0	0
	Container Typ VI (Guss)	0.86	3.74	0	0.57	0	2.13	0	0
	20' Container	1.24	2.65	0	0.57	0	1.51	0	0
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	0.86	5.62	0	0.57	0	3.21	0	0
	Container Typ III	0.91	5.33	0	0.57	0	3.04	0	0
	Container Typ IV	0.91	5.41	0	0.57	0	3.08	0	0
	Container Typ V	1.07	4.87	0	0.57	0	2.77	0	0
	Container Typ VI (SBC)	0.86	5.46	0	0.57	0	3.11	0	0
	Container Typ VI (Guss)	0.86	3.78	0	0.57	0	2.15	0	0
	20' Container	1.24	3.72	0	0.57	0	2.12	0	0

Tabelle 4-5: Beanspruchungsgrößen aus Anregung in Y-Richtung für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall EDW

Beanspruchungsgrößen aus Anregung in z-Richtung									
		B/2	H _s	F _{E,x} / M	F _{E,y} / M	F _{E,z} / M	M _{E,x} / M	M _{E,y} / M	M _{E,r} / M
		[m]	[m]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	0.86	3.73	0	0	3.02	0	0	2.59
	Container Typ III	0.91	3.73	0	0	3.02	0	0	2.75
	Container Typ IV	0.91	4.02	0	0	3.02	0	0	2.74
	Container Typ V	1.07	3.70	0	0	3.02	0	0	3.23
	Container Typ VI (SBC)	0.86	3.74	0	0	3.02	0	0	2.59
	Container Typ VI (Guss)	0.86	3.74	0	0	3.02	0	0	2.59
	20' Container	1.24	2.65	0	0	3.02	0	0	3.76
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	0.86	5.62	0	0	3.02	0	0	2.59
	Container Typ III	0.91	5.33	0	0	3.02	0	0	2.75
	Container Typ IV	0.91	5.41	0	0	3.02	0	0	2.74
	Container Typ V	1.07	4.87	0	0	3.02	0	0	3.23
	Container Typ VI (SBC)	0.86	5.46	0	0	3.02	0	0	2.59
	Container Typ VI (Guss)	0.86	3.78	0	0	3.02	0	0	2.59
	20' Container	1.24	3.72	0	0	3.02	0	0	3.76

Tabelle 4-6: Beanspruchungsgrößen aus Anregung in Z-Richtung für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall EDW

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 24d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

4.3 Kombination der Beanspruchungen für mehrachsige Anregung

4.3.1 Kombination der Beanspruchungen für BEB

Nach KTA 2201.1 [R1], Abschnitt 4.3.1(3) dürfen zur Berechnung gleichgerichteter Beanspruchungsgrößen aus verschiedenen Erregungsrichtungen alle drei der folgenden Kombinationen verwendet werden:

- a) $1.0 E_X \oplus 0.3 E_Y \oplus 0.3 E_Z$
- b) $0.3 E_X \oplus 1.0 E_Y \oplus 0.3 E_Z$
- c) $0.3 E_X \oplus 0.3 E_Y \oplus 1.0 E_Z$

wobei \oplus „zu kombinieren mit“ bedeutet und E_X , E_Y und E_Z die Beanspruchungsgrößen infolge der Erdbebeneinwirkung in den Richtungen X, Y und Z.

Hier wird konservativ auf eine Kombination nach obigen Muster verzichtet. Die Beanspruchungen werden in allen Richtungen jeweils mit ihrem Maximalwert (zu 100 %) angesetzt.

Die kombinierten Kräfte $F_{E,i,komb}$ und Momente $M_{E,i,komb}$ in Richtung i für die verschiedenen Stapelkonfigurationen sind in Tabelle 4-7 dargestellt.

		$F_{E,x,d,komb-a} / M$	$F_{E,y,d,komb-a} / M$	$F_{E,z,d,komb-a} / M$	$M_{E,x,d,komb-a} / M$	$M_{E,y,d,komb-a} / M$	$M_{E,r,d,komb-a} / M$
		[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel-konstellation 01	Container Typ II	0.54	0.56	0.46	2.09	2.02	0.42
	Container Typ III	0.54	0.56	0.46	2.09	2.01	0.73
	Container Typ IV	0.54	0.56	0.46	2.25	2.17	0.73
	Container Typ V	0.54	0.56	0.46	2.07	2.00	0.78
	Container Typ VI (SBC)	0.54	0.56	0.46	2.10	2.02	0.49
	Container Typ VI (Guss)	0.54	0.56	0.46	2.10	2.02	0.49
	20' Container	0.54	0.56	0.46	1.48	1.43	1.41
Stapel-konstellation 02	Container Typ II	0.54	0.56	0.46	3.15	3.04	0.42
	Container Typ III	0.54	0.56	0.46	2.98	2.88	0.73
	Container Typ IV	0.54	0.56	0.46	3.03	2.92	0.73
	Container Typ V	0.54	0.56	0.46	2.73	2.63	0.78
	Container Typ VI (SBC)	0.54	0.56	0.46	3.06	2.95	0.49
	Container Typ VI (Guss)	0.54	0.56	0.46	2.12	2.04	0.49
	20' Container	0.54	0.56	0.46	2.08	2.01	1.41

Tabelle 4-7: Kombination der Beanspruchungsgrößen für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall BEB

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 25d
---------------------------	---	-------------------

4.3.2 Kombination der Beanspruchungen für EDW

Zur Berechnung gleichgerichteter Beanspruchungsgrößen aus Explosionsdruckwellen in verschiedenen Erregungsrichtungen wird konservativ die folgende Kombination verwendet:

$$1.0 E_X \oplus 1.0 E_Y \oplus 1.0 E_Z$$

wobei \oplus „zu kombinieren mit“ bedeutet und E_X , E_Y und E_Z die Beanspruchungsgrößen infolge der Explosionsdruckwellen in den Richtungen X, Y und Z.

Die kombinierten Kräfte $F_{E,i,komb}$ und Momente $M_{E,i,komb}$ in Richtung i für die verschiedenen Kombinationen und Stapelkonfigurationen sind in Tabelle 4-8 dargestellt.

		$F_{E,x,d,komb-a} / M$	$F_{E,y,d,komb-a} / M$	$F_{E,z,d,komb-a} / M$	$M_{E,x,d,komb-a} / M$	$M_{E,y,d,komb-a} / M$	$M_{E,r,d,komb-a} / M$
		[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	0.44	0.57	3.02	2.13	1.64	2.59
	Container Typ III	0.44	0.57	3.02	2.12	1.64	2.75
	Container Typ IV	0.44	0.57	3.02	2.29	1.77	2.74
	Container Typ V	0.44	0.57	3.02	2.11	1.63	3.23
	Container Typ VI (SBC)	0.44	0.57	3.02	2.13	1.65	2.59
	Container Typ VI (Guss)	0.44	0.57	3.02	2.13	1.65	2.59
	20' Container	0.44	0.57	3.02	1.51	1.17	3.76
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	0.44	0.57	3.02	3.21	2.47	2.59
	Container Typ III	0.44	0.57	3.02	3.04	2.34	2.75
	Container Typ IV	0.44	0.57	3.02	3.08	2.38	2.74
	Container Typ V	0.44	0.57	3.02	2.77	2.14	3.23
	Container Typ VI (SBC)	0.44	0.57	3.02	3.11	2.40	2.59
	Container Typ VI (Guss)	0.44	0.57	3.02	2.15	1.66	2.59
	20' Container	0.44	0.57	3.02	2.12	1.64	3.76

Tabelle 4-8: Kombination der Beanspruchungsgrößen für verschiedene Stapelkonfigurationen – Lastfall EDW

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 26d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

4.4 Standsicherheitsnachweise Kippen

Als Nachweise der Standsicherheit bei Bemessungserdbeben und Explosionsdruckwelle werden die Nachweise gegen Kippen und Rutschen geführt. Es werden dazu die zwei Stapelkonfigurationen 01 und 02 nach Tabelle 3-2 und die Beanspruchungsgrößen der Kombinationen aus Abschnitt 4.3.1 (BEB) und 4.3.2 (EDW) berücksichtigt.

Für den Nachweis der Kippsicherheit muss die Einwirkung, also das Kippmoment $M_{E,d}$, kleiner dem Widerstand, also dem Standmoment $M_{R,d}$, sein. Für die Kippsicherheit S_K ergibt sich folgende Bedingung:

$$S_K = \frac{M_{R,d}}{M_{E,d}} \geq 1.0$$

4.4.1 Widerstand

Der Bemessungswert des Standmoments ergibt sich zu:

$$M_{R,d} = 0.95 \cdot g \cdot M \cdot \frac{B}{2} \text{ [kNm]}$$

In dem Bemessungswert ist der nach KTA 2201.4, Abs. 4.5.2(10) [R1] anzusetzende Faktor 0.95 für stabilisierende Einwirkungen enthalten.

In der Tabelle 4-9 werden die Bemessungswerte des Standmoments pro Behälter Typ dargestellt. Die Behälter haben alle einen rechteckigen Grundriss. Die kleinste Seite (Länge oder Breite aus der Tabelle 3-2) wird als B konservativ gewählt.

	B	$M_{R,d} / M$
	[m]	[m*m/s ²]
Container Typ II	0.74	6.91
Container Typ III	0.79	7.36
Container Typ IV	0.79	7.38
Container Typ V	0.93	8.68
Container Typ VI (SBC)	0.74	6.91
Container Typ VI (Guss)	0.74	6.91
20' Container	1.19	11.12

Tabelle 4-9: Bemessungswerte des Standmoments pro Behältertyp

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 27d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

4.4.2 Einwirkung – Lastfall BEB

Das einwirkende Kippmoment ergibt sich zu:

$$M_{E,d} = M_{E,r,d} + M_{E,h,d}$$

wobei $M_{E,r,d}$ das Kippmoment infolge der Erdbebenanregung in vertikaler Richtung und $M_{E,h,d}$ das Kippmoment infolge der Erdbebenanregung in horizontaler Richtung ist.

Für die im Grundriss rechteckigen Container wird der Maximalwert zwischen $M_{E,x,d}$ und $M_{E,y,d}$ konservativ als Kippmoment infolge der Erdbebenanregung in horizontaler Richtung $M_{E,h,d}$ gewählt.

In der folgenden Tabelle wird die Berechnung des einwirkenden Kippmoments aus Anregung in horizontaler und vertikaler Richtung (s.a. Abschnitt 4.3.1) gezeigt.

		$M_{E,x,d,komb-a} / M$	$M_{E,y,d,komb-a} / M$	$M_{E,h,d,komb-a} / M$	$M_{E,r,d,komb-a} / M$	$M_{E,d,komb-a} / M$
		[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	2.09	2.02	2.09	0.42	2.51
	Container Typ III	2.09	2.01	2.09	0.73	2.82
	Container Typ IV	2.25	2.17	2.25	0.73	2.98
	Container Typ V	2.07	2.00	2.07	0.78	2.85
	Container Typ VI (SBC)	2.10	2.02	2.10	0.49	2.59
	Container Typ VI (Guss)	2.10	2.02	2.10	0.49	2.59
	20' Container	1.48	1.43	1.48	1.41	2.89
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	3.15	3.04	3.15	0.42	3.57
	Container Typ III	2.98	2.88	2.98	0.73	3.72
	Container Typ IV	3.03	2.92	3.03	0.73	3.76
	Container Typ V	2.73	2.63	2.73	0.78	3.51
	Container Typ VI (SBC)	3.06	2.95	3.06	0.49	3.55
	Container Typ VI (Guss)	2.12	2.04	2.12	0.49	2.61
	20' Container	2.08	2.01	2.08	1.41	3.49

Tabelle 4-10: Berechnung des einwirkenden Kippmoments – Lastfall BEB

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 28d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

4.4.3 Einwirkung – Lastfall EDW

Das einwirkende Kippmoment ergibt sich zu:

$$M_{E,d} = M_{E,r,d} + M_{E,h,d}$$

wobei $M_{E,r,d}$ das Kippmoment infolge der Explosionsdruckwelle in vertikaler Richtung und $M_{E,h,d}$ das Kippmoment infolge der Explosionsdruckwelle in horizontaler Richtung ist.

Für die im Grundriss rechteckigen Container wird das Moment um die schwache Achse als Kippmoment infolge der Explosionsdruckwelle in horizontaler Richtung $M_{E,h,d}$ gewählt.

In den folgenden Tabellen wird die Berechnung des einwirkenden Kippmoments aus Anregung in horizontaler und vertikaler Richtung für die Kombination der Beanspruchungen für EDW (s.a. Abschnitt 4.3.2) gezeigt.

		$M_{E,x,d,komb-a} / M$	$M_{E,y,d,komb-a} / M$	$M_{E,h,d,komb-a} / M$	$M_{E,r,d,komb-a} / M$	$M_{E,d,komb-a} / M$
		[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[m*m/s ²]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	2.13	1.64	2.13	2.59	4.72
	Container Typ III	2.12	1.64	2.12	2.75	4.87
	Container Typ IV	2.29	1.77	2.29	2.74	5.03
	Container Typ V	2.11	1.63	2.11	3.23	5.33
	Container Typ VI (SBC)	2.13	1.65	2.13	2.59	4.72
	Container Typ VI (Guss)	2.13	1.65	2.13	2.59	4.72
	20' Container	1.51	1.17	1.51	3.76	5.27
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	3.21	2.47	3.21	2.59	5.80
	Container Typ III	3.04	2.34	3.04	2.75	5.79
	Container Typ IV	3.08	2.38	3.08	2.74	5.83
	Container Typ V	2.77	2.14	2.77	3.23	6.00
	Container Typ VI (SBC)	3.11	2.40	3.11	2.59	5.70
	Container Typ VI (Guss)	2.15	1.66	2.15	2.59	4.75
	20' Container	2.12	1.64	2.12	3.76	5.88

Tabelle 4-11: Berechnung des einwirkenden Kippmoments – Lastfall EDW

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 29d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

4.4.4 Nachweise der Kippsicherheit für den Lastfall BEB

Die Nachweise der Kippsicherheit bei BEB für unterschiedliche Stapelkonfigurationen sind erfüllt und in Tabelle 4-12 gezeigt.

		$M_{E,d,komb-a} / M$	$M_{R,d} / M$	S_k
		[m*m/s ²]	[m*m/s ²]	[-]
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	2.51	6.91	2.75
	Container Typ III	2.82	7.36	2.61
	Container Typ IV	2.98	7.38	2.48
	Container Typ V	2.85	8.68	3.05
	Container Typ VI (SBC)	2.59	6.91	2.67
	Container Typ VI (Guss)	2.59	6.91	2.67
	20' Container	2.89	11.12	3.85
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	3.57	6.91	1.94
	Container Typ III	3.72	7.36	1.98
	Container Typ IV	3.76	7.38	1.96
	Container Typ V	3.51	8.68	2.48
	Container Typ VI (SBC)	3.55	6.91	1.95
	Container Typ VI (Guss)	2.61	6.91	2.65
	20' Container	3.49	11.12	3.19

Tabelle 4-12: Nachweise der Kippsicherheit – Lastfall BEB

Die Nachweise der Kippsicherheit sind erfüllt.

4.4.5 Nachweise der Kippsicherheit für den Lastfall EDW

Die Nachweise der Kippsicherheit bei EDW für unterschiedliche Stapelkonfigurationen sind in Tabelle 4-13 gezeigt.

		$M_{E,d,komb-a} / M$	$M_{R,d} / M$	S_k
		$[m^*m/s^2]$	$[m^*m/s^2]$	$[-]$
Stapel- konstellation 01	Container Typ II	4.72	6.91	1.46
	Container Typ III	4.87	7.36	1.51
	Container Typ IV	5.03	7.38	1.47
	Container Typ V	5.33	8.68	1.63
	Container Typ VI (SBC)	4.72	6.91	1.46
	Container Typ VI (Guss)	4.72	6.91	1.46
	20' Container	5.27	11.12	2.11
Stapel- konstellation 02	Container Typ II	5.80	6.91	1.19
	Container Typ III	5.79	7.36	1.27
	Container Typ IV	5.83	7.38	1.27
	Container Typ V	6.00	8.68	1.45
	Container Typ VI (SBC)	5.70	6.91	1.21
	Container Typ VI (Guss)	4.75	6.91	1.46
	20' Container	5.88	11.12	1.89

Tabelle 4-13: Nachweise der Kippsicherheit – Lastfall EDW

Die Nachweise der Kippsicherheit sind erfüllt.

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 31d
---------------------------	---	-------------------

4.5 Standsicherheitsnachweise Rutschen

Wenn die einwirkende Erdbebenkraft bzw. Explosionskraft F_E größer als widerstehende Kraft F_R wird, beginnen die Behälterstapel zu rutschen. Die Sicherheit gegen Rutschen ergibt sich somit aus der folgenden Bedingung:

$$S_R = \frac{F_{R,d}}{F_{E,d}} \geq 1.0$$

Rutschen kann entweder in den Fugen zwischen den Behältern (Stahl auf Stahl) oder in der Fuge der Aufstellfläche des Stapels (Stahl auf Beton) auftreten.

4.5.1 Widerstand

Der Rutschwiderstand ergibt sich aus der Reibung in den Fugen. Die ansetzbaren Reibbeiwerte μ werden den Unterlagen [U 5] und [U 7] entnommen. Die in [U 7] angegebenen Kennwerte basieren auf Versuchen, die in der Schweiz an der EMPA in Dübendorf durchgeführt worden sind. Es sind dies Haft- und Gleitreibungszahlen zwischen zwei Dutzend verschiedenen trockenen Werkstoffen, die systematisch gemessen und ausgewertet worden sind.

a) Fugen zwischen den Behältern

Bei den Gleitpartnern Stahl/Stahl sind in [U 7] sandgestrahlte und geschliffene Oberflächen unterschieden worden. Die Rauigkeit wird durch den Rauwert R_a in μm ausgedrückt. Die Versuche erbrachten folgende Resultate:

Stahl/Stahl, geschliffen, Kraft parallel zur Schliffrichtung ($R_a = 0.85/0.80 \mu\text{m}$): $\mu = 0.195$ bis 0.210

Stahl/Stahl, geschliffen, Kraft senkrecht zur Schliffricht. ($R_a = 1.55/1.55 \mu\text{m}$): $\mu = 0.165$ bis 0.295

Stahl/Stahl, sandgestrahlt ($R_a = 9.0/12.5 \mu\text{m}$): $\mu = 0.295$ bis 0.765

Der Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung ist für die Gleitpartner Stahl/Stahl gering.

Im vorliegenden Fall der Reibung zwischen Containern und Behältern wäre als Mittelwert $\mu = 0.20$ ansetzbar. Für die folgenden Nachweise soll konservativ $\mu = 0.15$ angesetzt werden. Dieser Wert ist auch in der KTA 3205.1 [R3], Abs. 4.1.6 (3) verankert.

b) Fuge der Aufstellfläche

Für die Gleitpartner Stahl/Beton werden in [U 5] und [U 7] höhere Mindestwerte als für die Gleitpartner Stahl/Stahl angegeben. Für die weiteren Nachweise ist daher diese Fuge nicht maßgeblich. Der Bemessungswert der widerstehenden Kraft ergibt sich aus dem in der Aufstandsfläche des Behälters wirkenden Grenzwert der Reibungskraft infolge des Eigengewichts:

$$F_{R,d} = 0.95 \cdot \mu \cdot g \cdot M = 0.95 \cdot 0.15 \cdot 9.81 \cdot M = 1.40 \cdot M \text{ [kN]}$$

In dem Bemessungswert ist der nach KTA 2201.4, Abs. 4.5.2(10) [R1] anzusetzende Faktor 0.95 für stabilisierende Einwirkungen enthalten.

$$S_R = \frac{F_{R,d}}{F_{E,d}} = \frac{(0.95 \cdot 9.81 - a_{E,z}) \cdot 0.15 \cdot M}{a_{E,h,d} \cdot M} \geq 1.0$$

4.5.2 Einwirkung für den Lastfall BEB

Die einwirkende Erdbebenkraft setzt sich zum Einen aus dem die widerstehende Kraft vermindern den Anteil der vertikal abhebenden Kraft $F_{E,z}$ und zum Anderen aus der Resultierenden der horizontal wirkenden Kräfte $F_{E,h}$ zusammen:

$$\overline{F_{R,d}} = \mu \cdot F_{E,z,d} = 0.15 \cdot F_{E,z,d}$$

$$F_{E,d} = F_{E,h,d}$$

Bei BEB treten die Maxima von Vertikal- und Horizontalanregung nicht gleichzeitig auf. Im Weiteren werden diese dennoch konservativ als gleichzeitig auftretend angenommen.

Die Erdbebenkraft $F_{E,h}$ aus Anregung in horizontaler Richtung lässt sich als Resultierende der Kräfte aus den Anregungen in den horizontalen Achsen X und Y schreiben:

$$F_{E,h,d} = \sqrt{F_{E,x,d}^2 + F_{E,y,d}^2},$$

Die einwirkenden Erdbebenkräfte ergeben sich für alle Behälter und beide Stapelkonfigurationen mit den Beanspruchungsgrößen aus Kapitel 4.3.1 zu

$$\begin{aligned} \overline{F_{R,d,komb-a}} &= 0.15 \cdot F_{E,z,d,komb-a} \\ &= 0.15 \cdot 0.46 \cdot M = 0.069 \cdot M \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{E,d,komb-a} &= \sqrt{F_{E,x,d,komb-a}^2 + F_{E,y,d,komb-a}^2} \\ &= \sqrt{(0.54 \cdot M)^2 + (0.56 \cdot M)^2} = 0.78 \cdot M \text{ [kN]} \end{aligned}$$

4.5.3 Einwirkung für den Lastfall EDW

Die einwirkende Explosionskraft setzt sich zum Einen aus dem die widerstehende Kraft vermindern den Anteil der vertikal abhebenden Kraft $F_{E,z}$ und zum Anderen aus der Resultierenden der horizontal wirkenden Kräfte $F_{E,h}$ zusammen:

$$\overline{F_{R,d}} = \mu \cdot F_{E,z,d} = 0.15 \cdot F_{E,z,d}$$

$$F_{E,d} = F_{E,h,d}$$

Bei EDW treten die Maxima von Vertikal- und Horizontalanregung gleichzeitig auf.

Die Explosionskraft $F_{E,h}$ aus Anregung in horizontaler Richtung lässt sich konservativ als Resultierende der Kräfte aus den Anregungen in den horizontalen Achsen X und Y schreiben:

$$F_{E,h,d} = \sqrt{F_{E,x,d}^2 + F_{E,y,d}^2},$$

so dass sich die einwirkenden Explosionskräfte für alle Behälter und beide Stapelkonfigurationen mit den Beanspruchungsgrößen aus Kapitel 4.3.2 ergeben zu:

$$\begin{aligned} \overline{F_{R,d}} &= 0.15 \cdot F_{E,z,d} \\ &= 0.15 \cdot 3.02 \cdot M = 0.45 \cdot M \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{E,d} &= \sqrt{F_{E,x,d}^2 + F_{E,y,d}^2} \\ &= \sqrt{(0.44 \cdot M)^2 + (0.57 \cdot M)^2} = 0.72 \cdot M \text{ [kN]} \end{aligned}$$

4.5.4 Nachweise der Rutschsicherheit für den Lastfall BEB

$$S_{R,komb-a} = \frac{F_{R,d} - \overline{F_{R,d}}}{F_{E,d}} = \frac{(1.40 - 0.069) \cdot M}{0.78 \cdot M} = 1.71 > 1.0$$

Der Nachweis der Rutschsicherheit ist erfüllt.

4.5.5 Nachweise der Rutschsicherheit für den Lastfall EDW

$$S_R = \frac{F_{R,d} - \overline{F_{R,d}}}{F_{E,d}} = \frac{(1.40 - 0.45) \cdot M}{0.72 \cdot M} = 1.31 > 1.0$$

Der Nachweis der Rutschsicherheit ist erfüllt.

4.6 Zusammenfassung

Mit dem vereinfachten quasi-statischen Verfahren kann die Standsicherheit der Stapel gegen Kippen und Rutschen erbracht werden.

5. Nichtlineare dynamische Analyse Gussbehälter Typ II

5.1 Allgemeines

Für den Nachweis der Standsicherheit der Gussbehälter Typ II (MOSAIK) unter den Lastfällen Explosionsdruckwelle (EDW) und Bemessungserdbeben (BEB) werden detaillierte nichtlineare Berechnungen nach der direkten Zeitschrittmethodologie durchgeführt, bei denen die einzelnen aufeinander gestapelten Behälter als dreidimensionale Strukturen im Programmsystem ADINA 9.4 [U 9] modelliert werden, die miteinander über Kontaktflächen (Kontakt und Reibung mittels Coulombscher Reibung) verbunden werden. Die Lasten aus BEB werden um einen Vorsorgefaktor von 1.2 erhöht.

Die folgenden Varianten werden untersucht (Anmerkung: die maximale Behältermasse wurde für diese Betrachtungen konservativ auf 10 t aufgerundet.):

- Stapelkonfiguration 01: 4 volle Behälter mit jeweils einer Masse von $m = 10 \text{ t}$ aufeinander gestapelt. (10 / 10 / 10 / 10)
- Stapelkonfiguration 02: 3 Behälter mit Mindestgewicht mit jeweils einer Masse von $m = 5 \text{ t}$ in den unteren Lagen und ein zusätzlicher Behälter mit $m = 10 \text{ t}$ Masse als oberste Lage. (5 / 5 / 5 / 10)
- Reibkonfiguration 01: Reibungsbeiwert zwischen Gussbehälter und Betonfußboden $\mu = 0.20$ (Stahl – Beton); Reibungsbeiwert zwischen den Gussbehältern $\mu = 0.10$ (Stahl – Stahl)
- Reibkonfiguration 02: Reibungsbeiwert zwischen Gussbehälter und Betonfußboden $\mu = 0.60$ (Stahl – Beton); Reibungsbeiwert zwischen den Gussbehältern $\mu = 0.30$ (Stahl – Stahl)

Für die Behälter wird ein Dämpfungswert von $D = 2 \%$ (in % der kritischen Dämpfung) angesetzt. Die Massenbelegung der Behälter wird als homogen angenommen.

Die Behälterstapel werden zunächst für $t_0 = 1 \text{ s}$ den statischen Eigengewichtslasten aus der Erdbeschleunigung ausgesetzt, um die Kräfte in den Kontaktflächen bis zum Gleichgewichtszustand zu iterieren und die Behälterstapel in den statischen Grundzustand zu bringen. Diese Eigengewichtslasten werden dann bis zum Ende der untersuchten Zeitintervalls konstant gehalten. Entsprechend der Richtlinie KTA 2201.4 [R1] werden die stabilisierenden Wirkungen aus Eigengewicht mit einem Sicherheitsfaktor von 0.95 multipliziert.

Für die Behälterstapel werden dann verschiedene Zeitverläufe der Fußpunktbeschleunigungen angesetzt und die dynamische Antwort der Behälterstapel unter diesen Anregungen ermittelt. Aus den insgesamt 216 vorliegenden Explosions-Druckwellenspektren bzw. Bemessungserdbebenspektren (3 Bodenmodelle x 4 Befüllungszustände x 3 Lastfälle x 6 Knoten) der Behälterstapel wird eine Auswahl von insgesamt 7 Spektren ausgewählt, die die einhüllenden Spektren gut abdecken. Für die so ausgewählten Spektren werden die Beschleunigungszeitverläufe, welche bei der Ermittlung der Etagenantwortspektren berechnet werden, verwendet, gemäß KTA 2201.1 [R1]. Die Beschleunigungszeitverläufe werden zeitgleich in die drei Richtungen (x-, y- und z-Achsenrichtung) aufgebracht. Die in Abschnitt 5.2 dargestellten Beschleunigungszeitverläufe in z-Richtung werden demzufolge jeweils mit der statisch wirkenden Eigengewichtsbeschleunigung überlagert.

Die Beschleunigungszeitverläufe erstrecken sich über einen Zeitraum von $t_1 = 10$ s. Zusätzlich werden weitere $t_2 = 5$ s für den Ausschwingvorgang untersucht. Das bedeutet, dass insgesamt ein Zeitraum von $t = 1\text{ s} + 10\text{ s} + 5\text{ s} = 16\text{ s}$ simuliert wird. Zu überprüfen sind die Kippsicherheit der Gebindestapel während der dynamischen Anregung, die maximalen Verschiebungsamplituden sowie die residualen Verschiebungen am Ende des Ausschwingvorgangs und die auftretenden Lagerkräfte zwischen unterem Behälter und Fundamentplatte.

Für den Lastfall Explosionsdruckwelle (EDW) bzw. Bemessungserdbeben (BEB) werden demzufolge jeweils

$$\begin{aligned} n &= 2 \text{ Varianten Stapelkonfiguration} * 2 \text{ Varianten Reibbeiwerte} * 7 \text{ Zeitverläufe} \\ &= 28 \text{ Simulationsläufe} \end{aligned}$$

untersucht.

Für die Standsicherheitsnachweise wird eine maximale Schrägstellung der Behälterstapel von 1% angesetzt. Diese Schrägstellung der Behälterstapel wird in allen untersuchten Fällen in positive x-Richtung angesetzt. Der damit angesetzte Wert ist größer als die maximal zulässigen Toleranzen der Unebenheiten des Hallenbodens nach DIN 18202 und deckt andere mögliche Exzentrizitäten konservativ ab (s. Kapitel 3.2).

Die Fundamentplatte wird als starre Platte ohne Deformation modelliert, d.h. der Kontakt zwischen dem unteren Fuß des unteren Behälters und der Fundamentplatte erfolgt ohne eine Deformation der Beton-Fundamentplatte zu berücksichtigen. Um abschätzen zu können, ob eine elastische Deformation der Fundamentplatte einen Einfluss auf die Bewegungen der Behälterstapel haben könnte, wird für zwei Fälle der größten horizontalen Deformationen (Lastfall Bemessungserdbeben, Fall

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: 37d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

K_01_reib_b_B1_max_leer_231 und Fall K_01_reib_b_B2_max_half1_312) eine elastische Bettung der Fundamentplatte angesetzt. Hierzu wird die zweidimensional modellierte Platte auf elastische Federn gebettet, deren Federsteifigkeit aus der Nachgiebigkeit der Betonplatte abgeschätzt wurde.

Eine gegenseitige Beeinflussung der Behälterstapel während der Schwingungen wird nicht abgebildet, d.h. es wird von einem ausreichenden Abstand der nebeneinanderstehenden Behälterstapel ausgegangen. Jedoch wird der in den Planunterlagen genannte Abstand der Gebindestapel von $\Delta u = 0.32$ m mit den maximal auftretenden horizontalen Verschiebungsamplituden verglichen.

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der dynamischen Untersuchungen an den Behälterstapeln des Typs MOSAIK II dokumentiert.

5.2 Lastannahmen

5.2.1 Anregung bei Explosionsdruckwelle EDW

Grundlage für die Standsicherheitsnachweise der Behälterstapel für den Lastfall EDW sind die Etagenantwortspektren aus [U 6], s. Kapitel 2.2.

Aus den insgesamt 216 vorliegenden Explosionsdruckwellen-Spektren (3 Bodenmodelle x 4 Befüllungszustände x 3 Lastfälle x 6 Knoten) der Behälterstapel wird eine Auswahl von insgesamt 7 Spektren ausgewählt, die die einhüllenden Spektren gut abdecken. Für die so ausgewählten Spektren werden die Beschleunigungszeitverläufe, welche bei der Ermittlung der Etagenantwortspektren berechnet werden, verwendet, gemäß KTA 2201.1 [R1].

Die folgenden 7 Spektren für eine Dämpfung von $D = 4\%$ und deren zugehörigen Zeitverläufe wurden ausgewählt:

- B1_min_leer_123 (Knoten 108)
- B1_min_leer_231 (Knoten 108)
- B1_min_leer_312 (Knoten 108)
- B1_mit_half2_312 (Knoten 108)
- B2_min_half2_312 (Knoten 104)
- B2_mit_half1_231 (Knoten 103)
- B2_mit_half1_312 (Knoten 103)

In Abbildung 5-1 bis Abbildung 5-3 sind die ausgewählten Spektren im Vergleich zum einhüllenden Spektrum dargestellt. Die Zeitverläufe der Beschleunigungen folgen in den nächsten Bildern. Zu beachten ist dabei, dass die Zeitverläufe der z-Beschleunigungen den Eigengewichtsanteil nicht enthalten. Dargestellt ist in den Zeitverläufen nur das Zeitintervall in dem es zu Anregungen in horizontaler und vertikaler Richtung kommt. Die darauffolgenden Sekunden, in denen die Anregungsfunktionen Null sind, werden aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit in den Zeitverlaufs-Diagrammen nicht dargestellt.

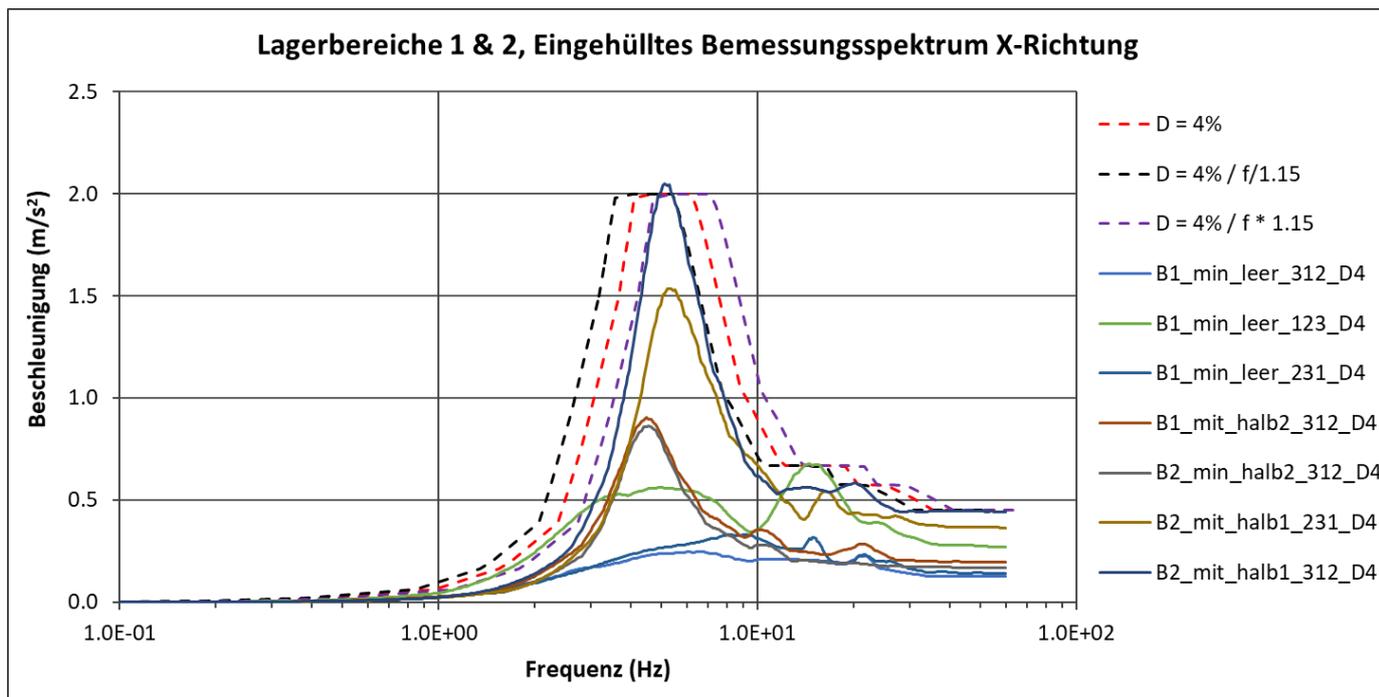


Abbildung 5-1: Ausgewählte Spektren im Vergleich zum einhüllenden Spektrum X-Richtung

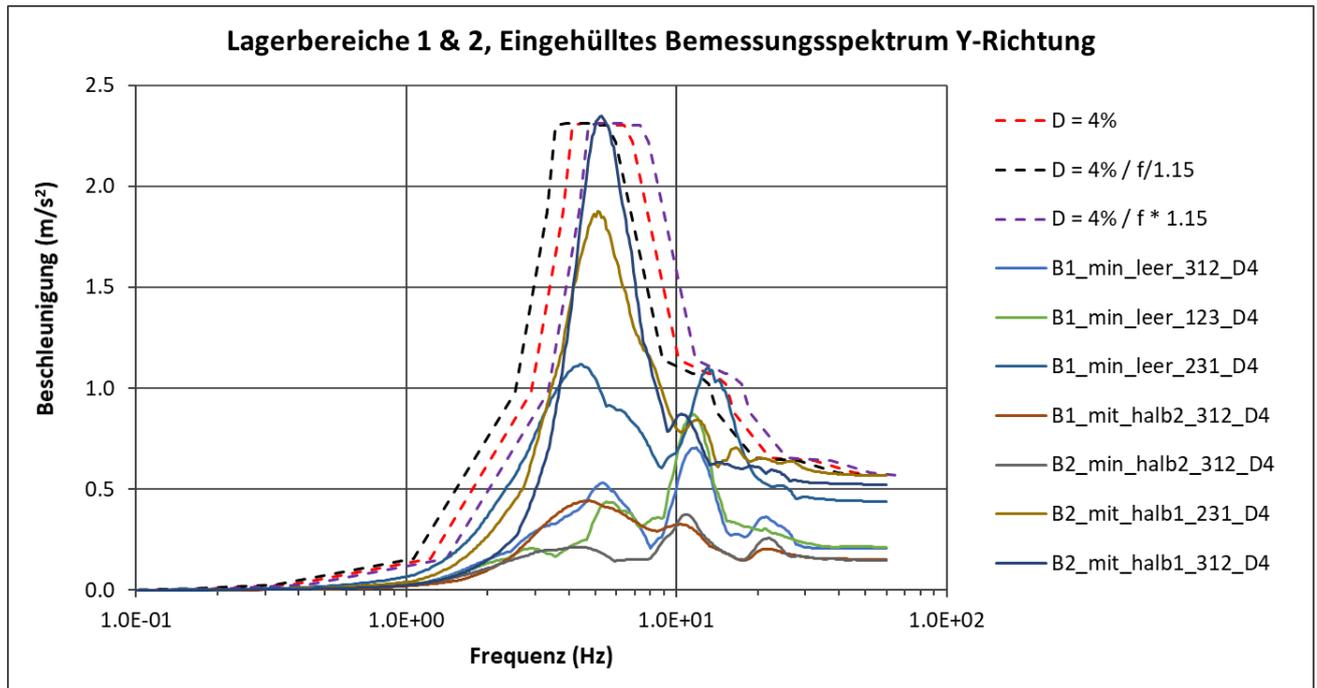


Abbildung 5-2: Ausgewählte Spektren im Vergleich zum eingehüllenden Spektrum Y-Richtung

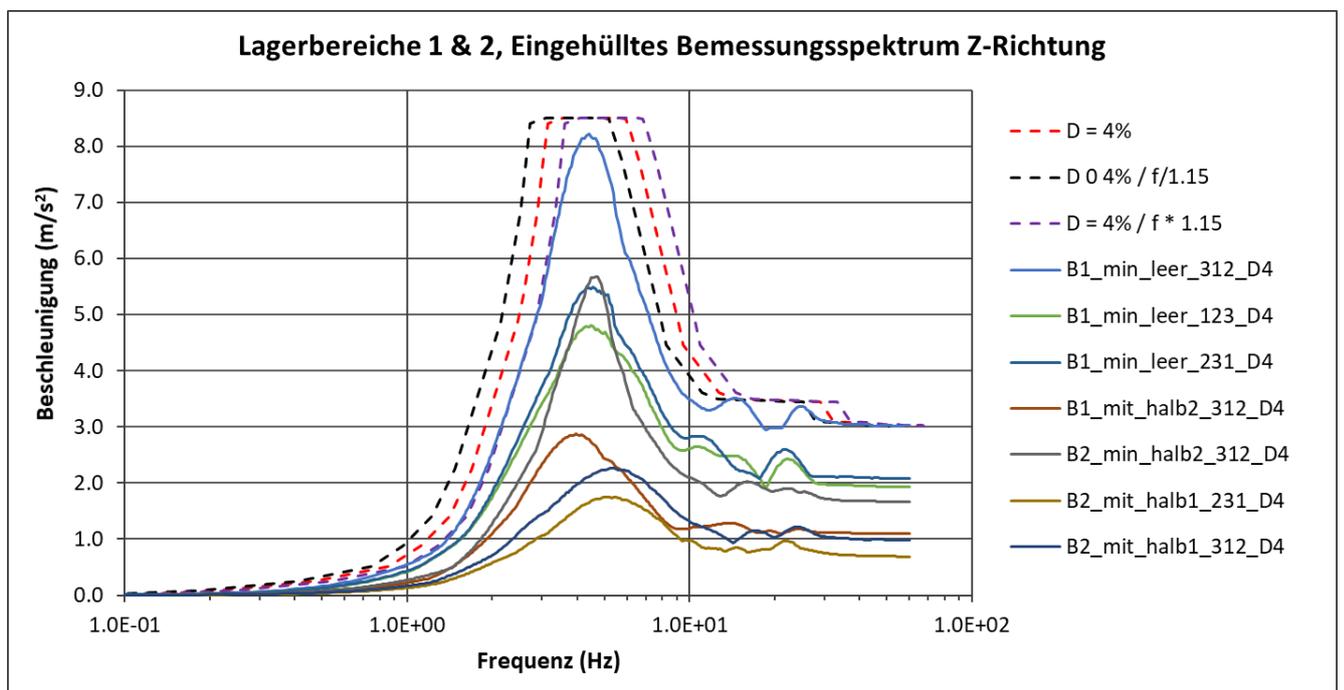


Abbildung 5-3: Ausgewählte Spektren im Vergleich zum eingehüllenden Spektrum Z-Richtung

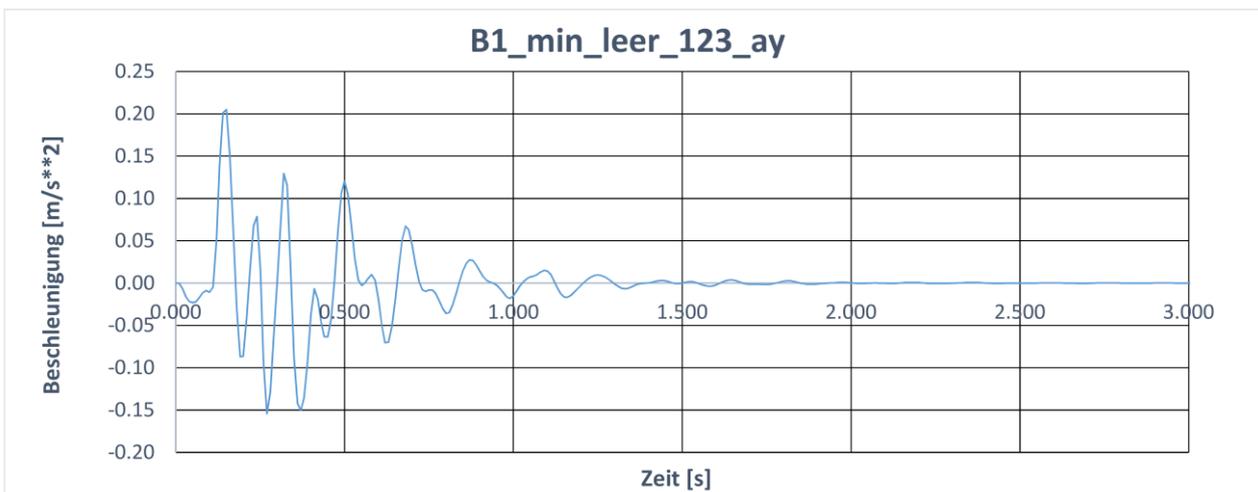
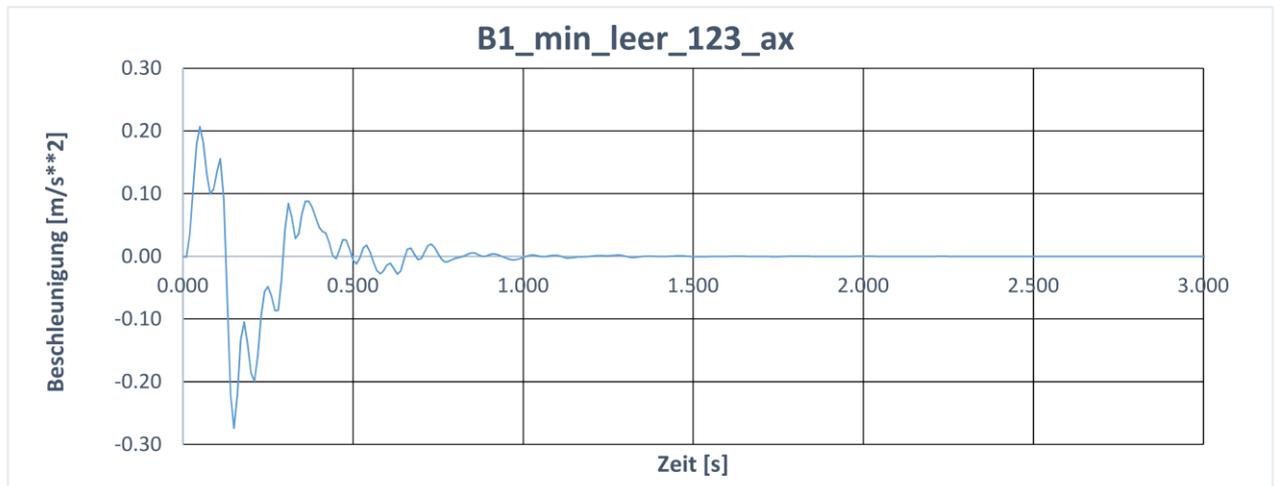


Abbildung 5-4: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_min_leer_123

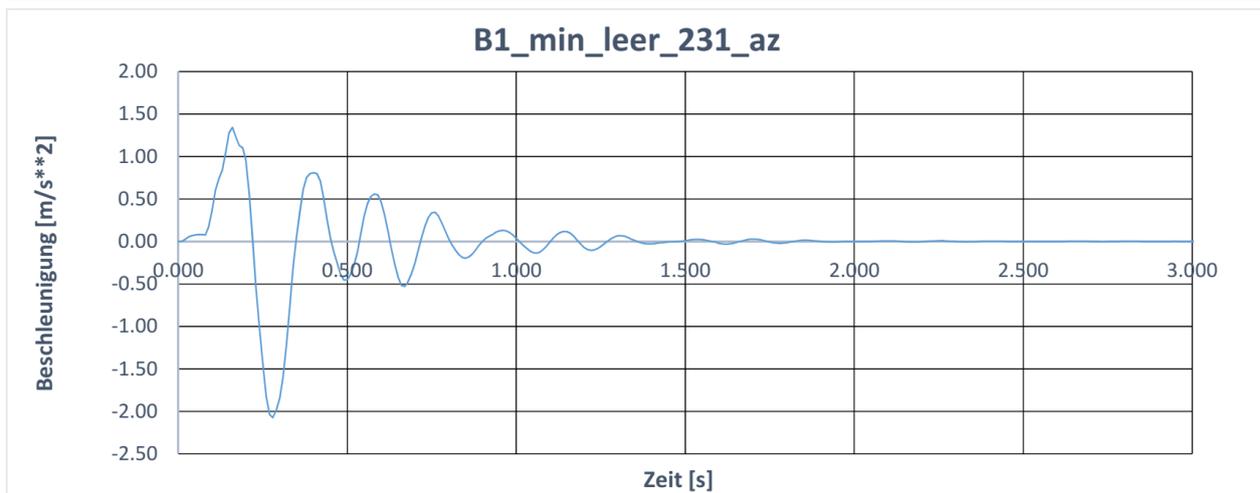
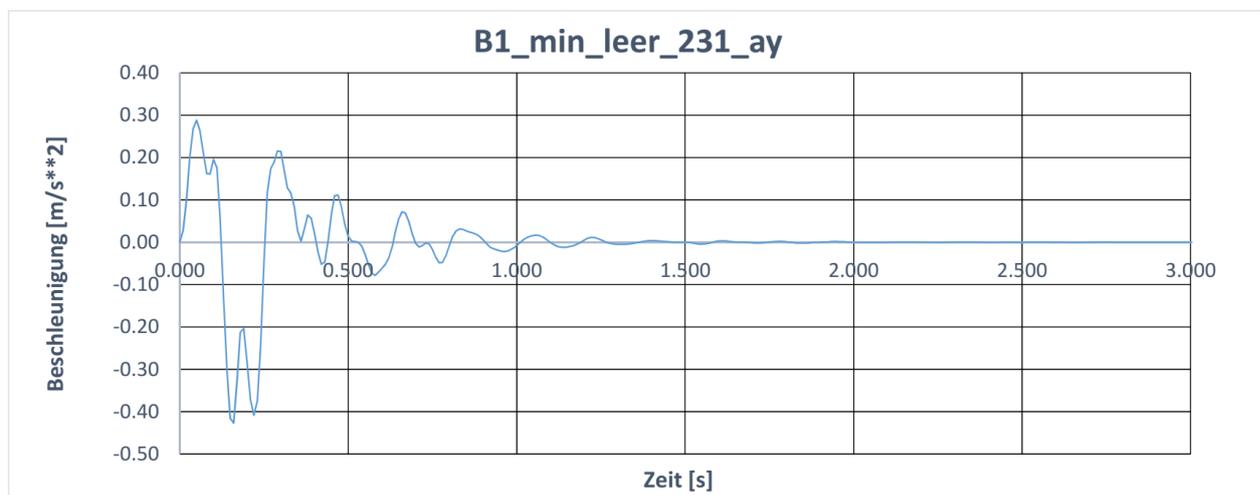
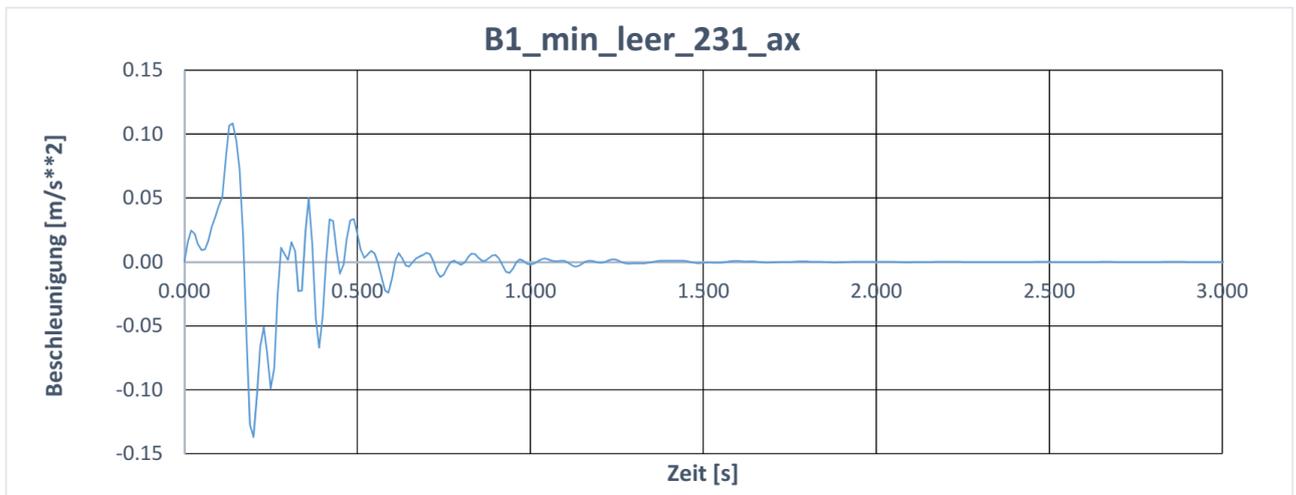


Abbildung 5-5: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_min_leer_231

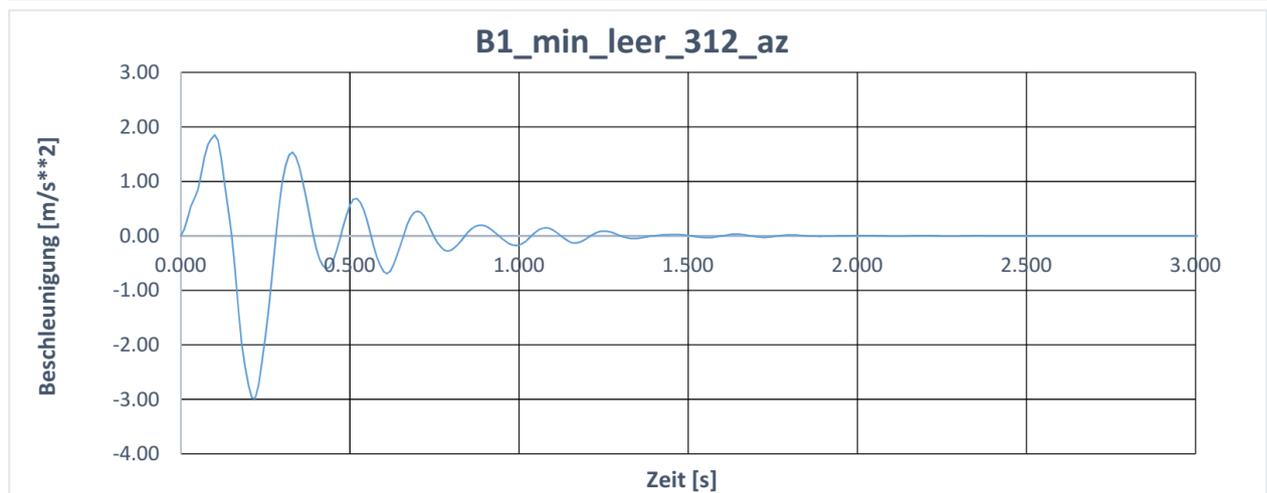
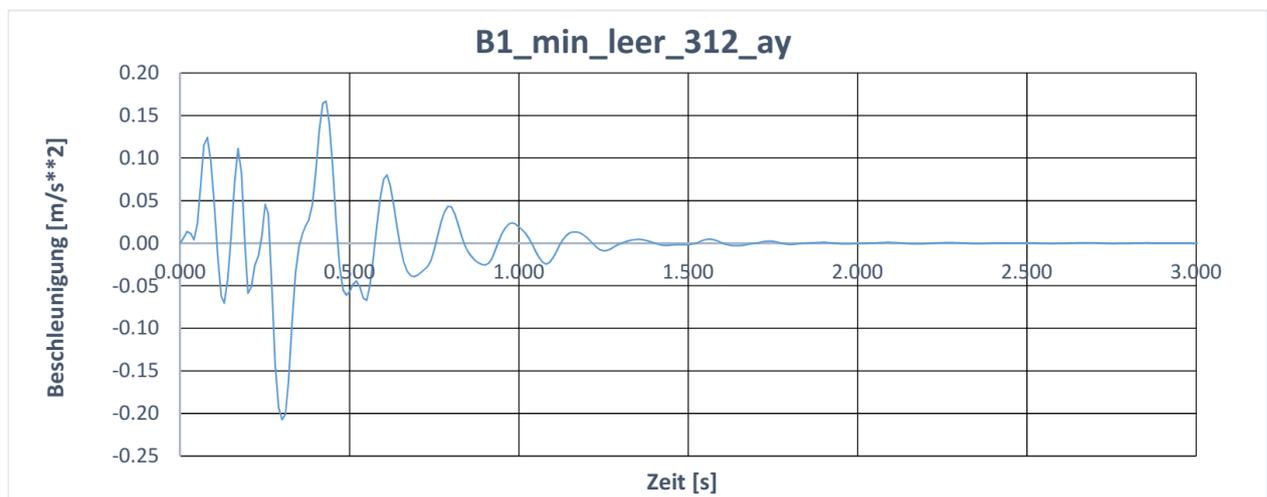
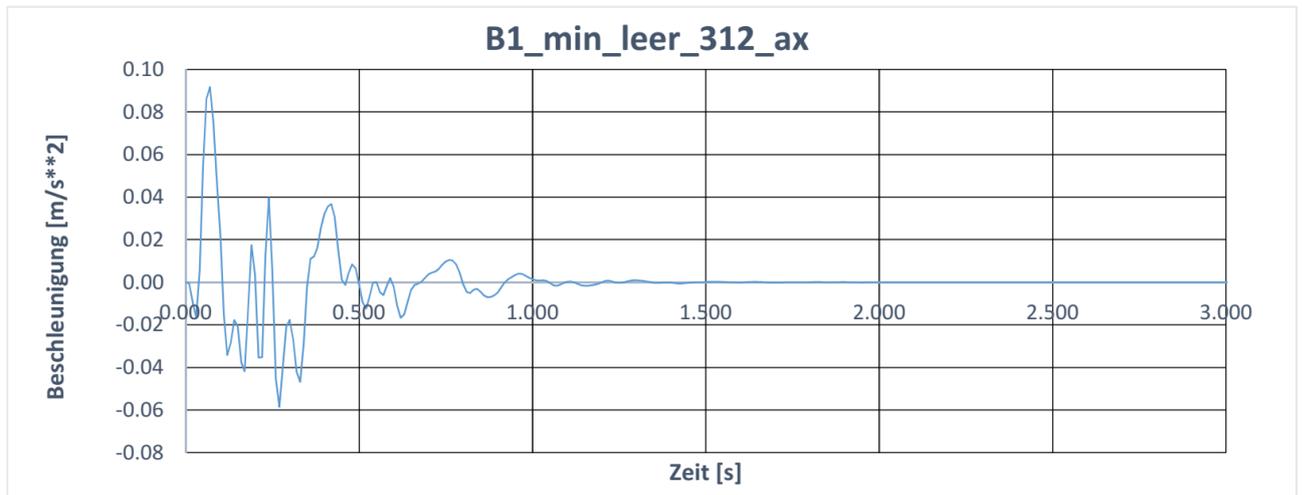


Abbildung 5-6: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_min_leer_312

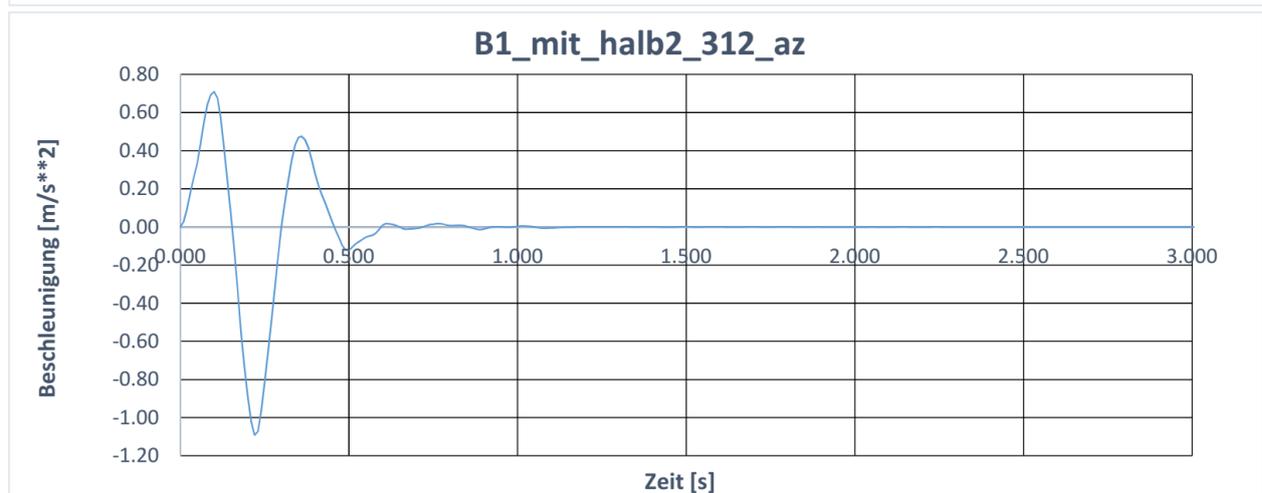
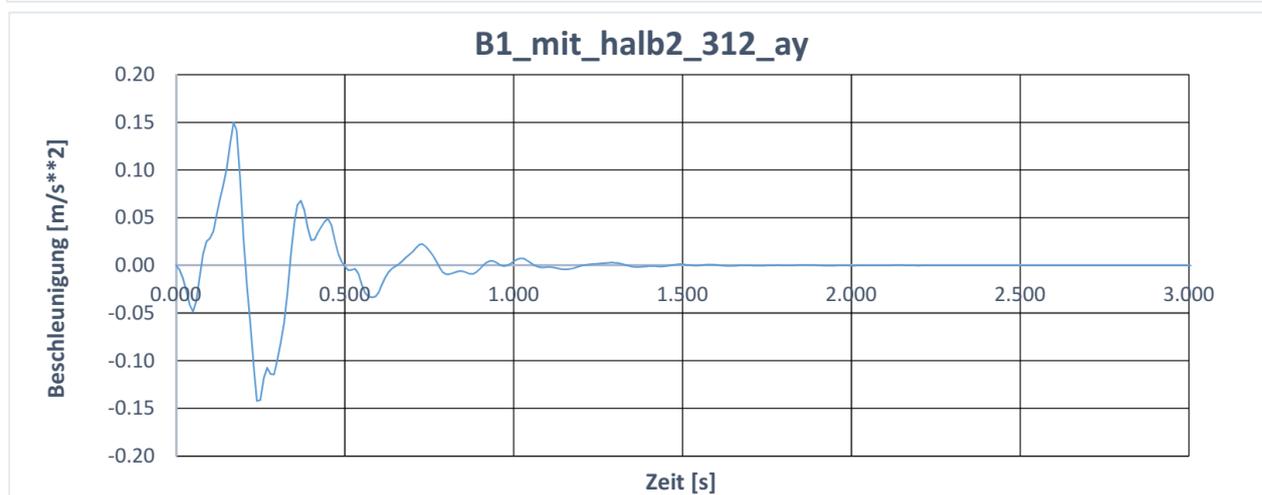
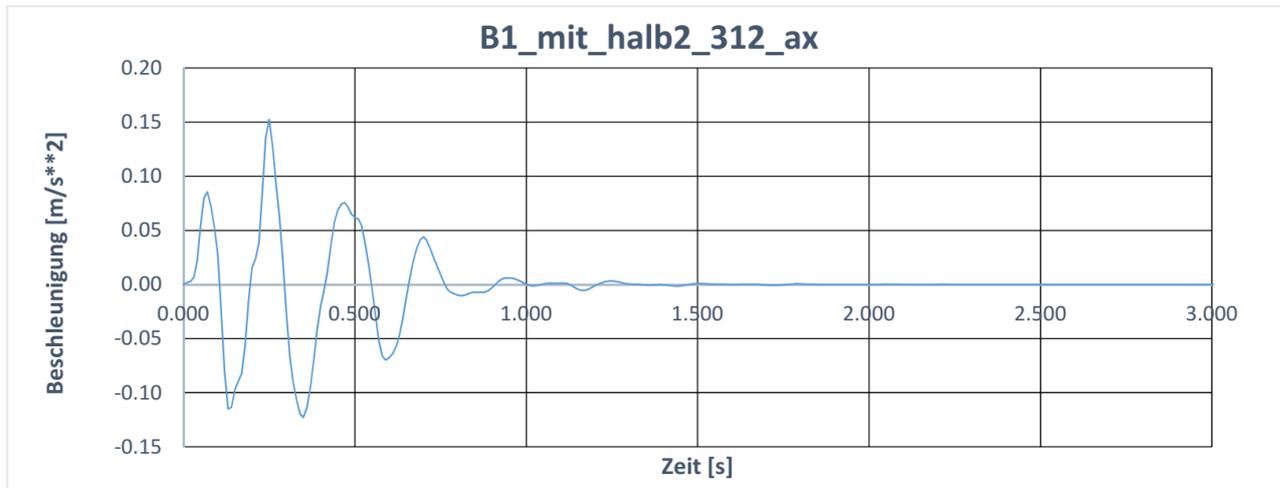


Abbildung 5-7: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_mit_half2_312

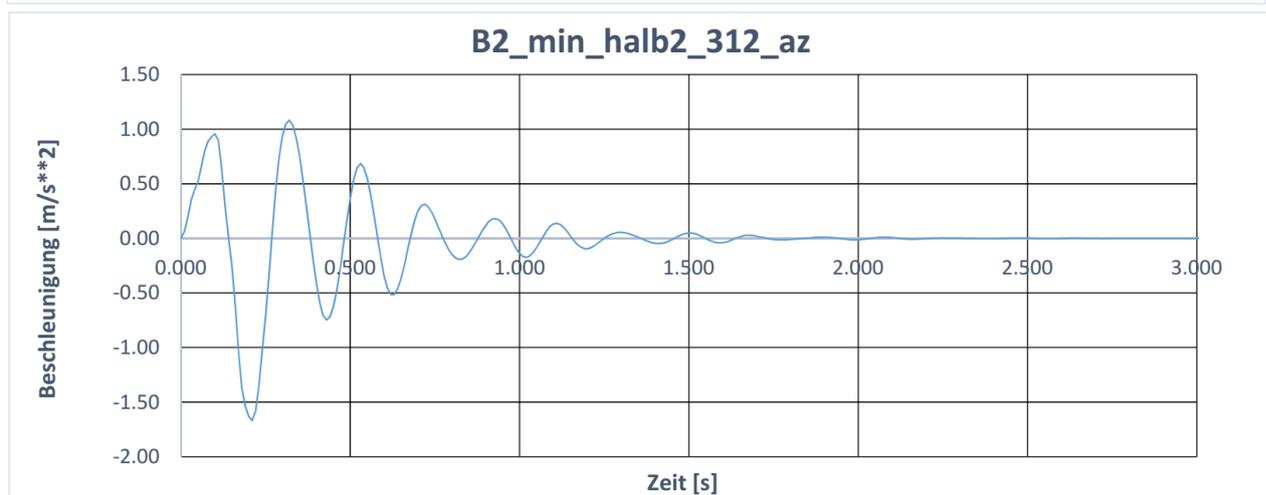
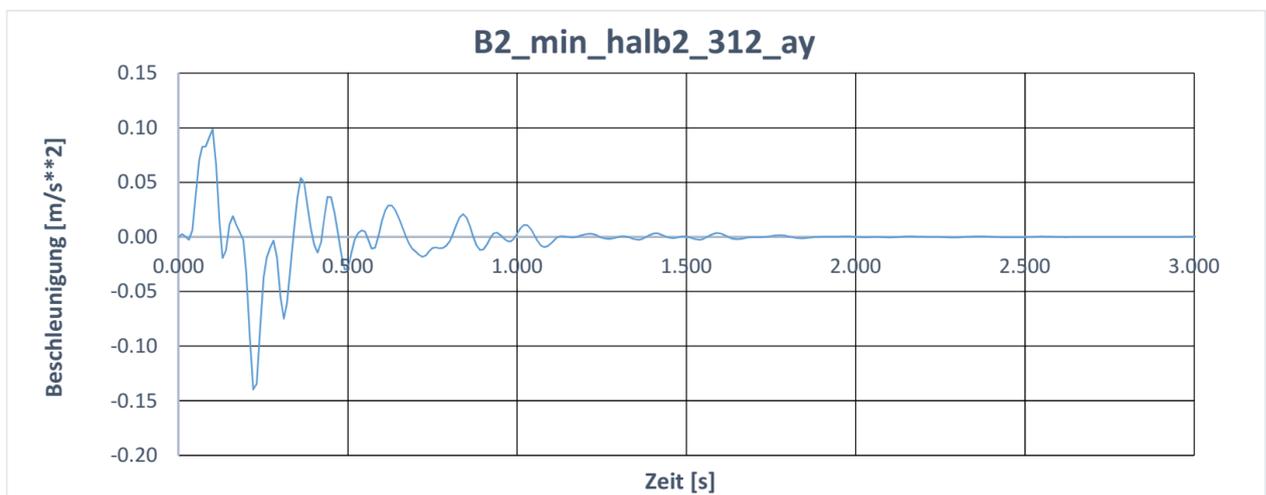
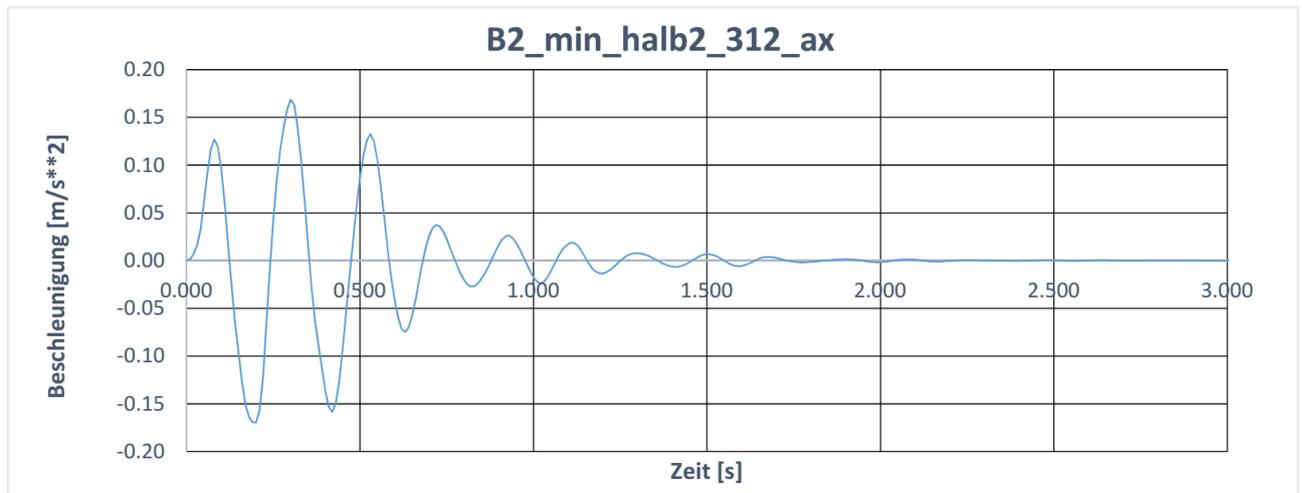


Abbildung 5-8: Zeitverläufe der Beschleunigung für B2_min_half2_312

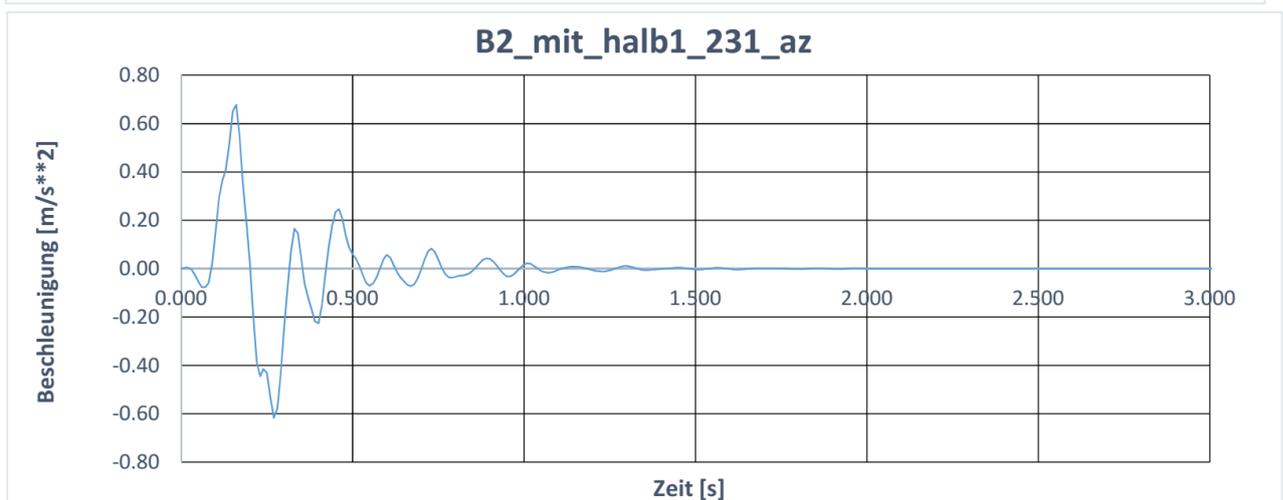
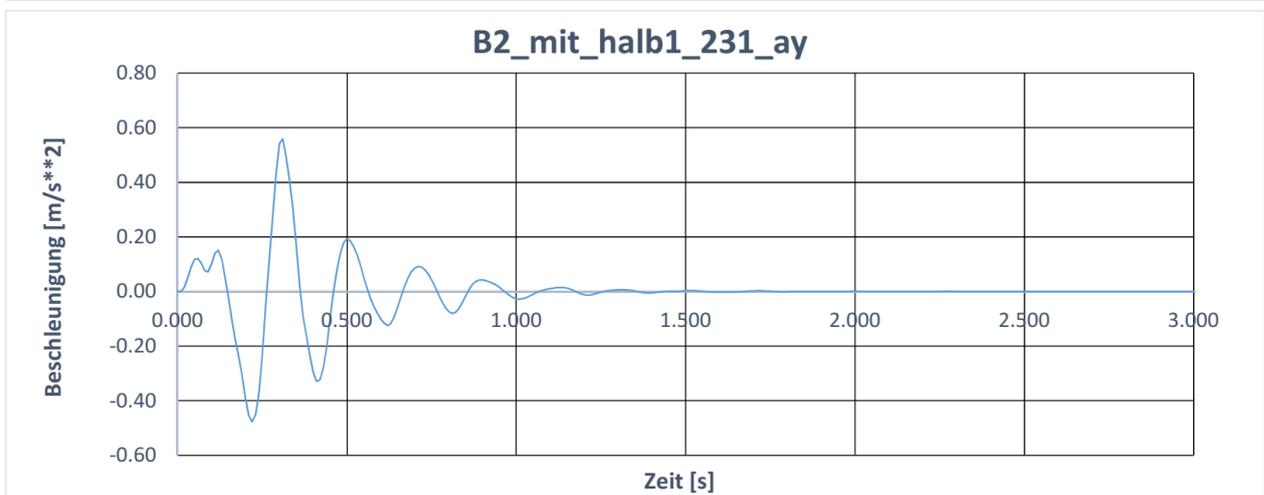
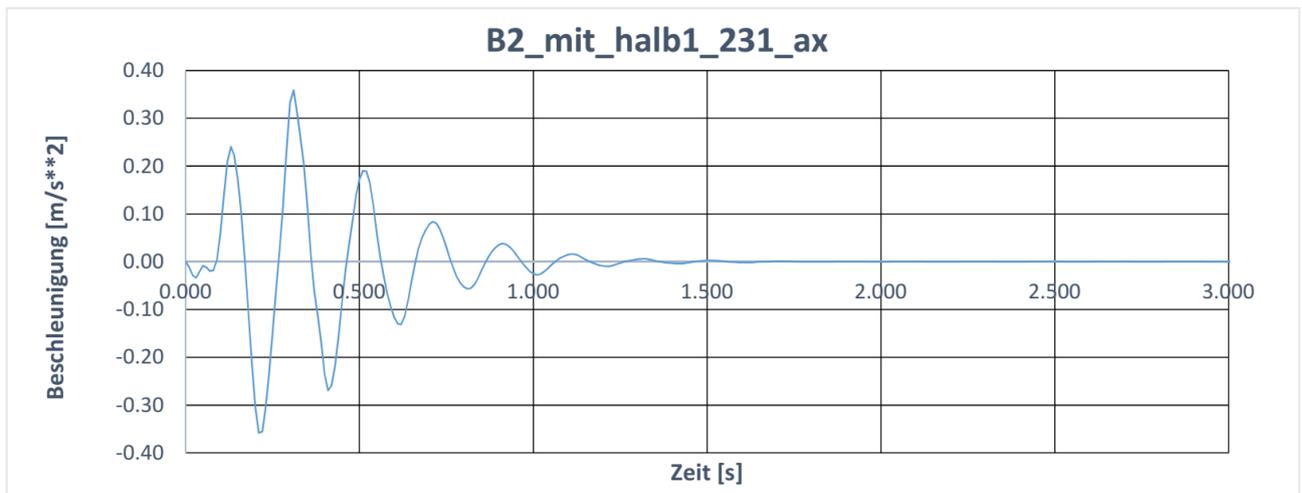


Abbildung 5-9: Zeitverläufe der Beschleunigung für B2_mit_half1_231

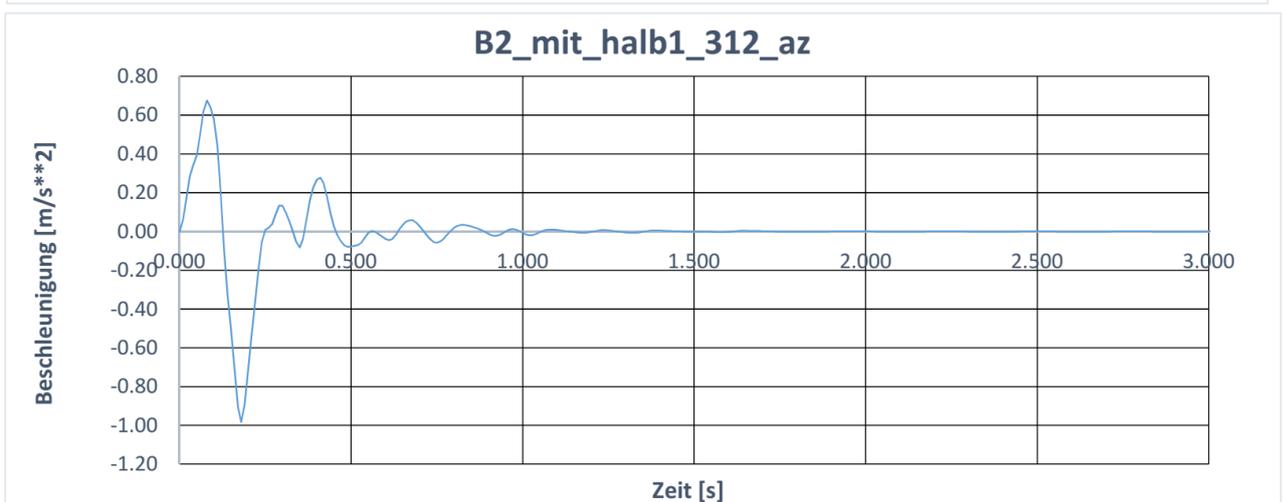
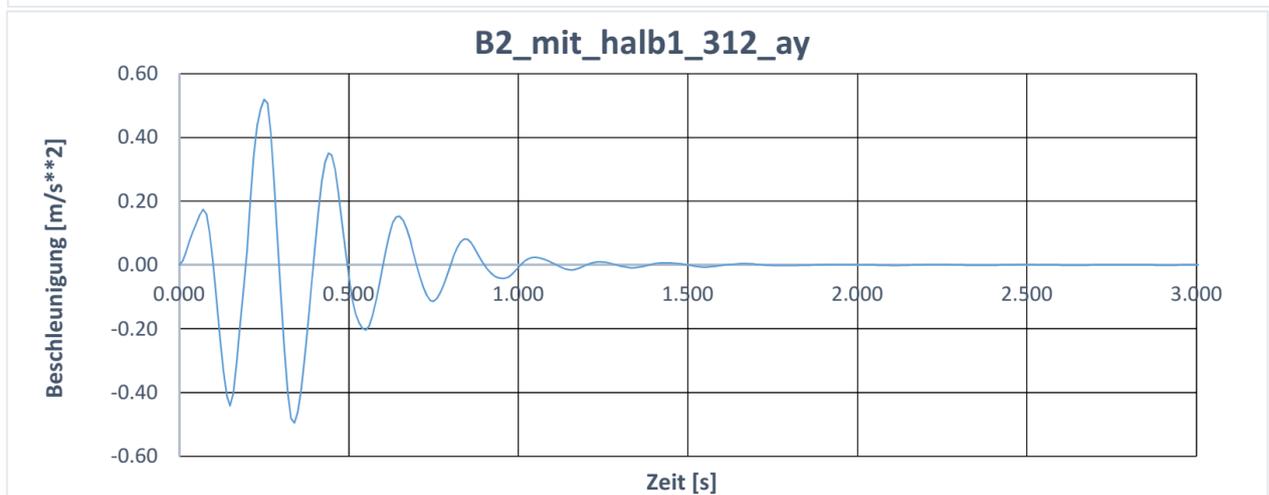
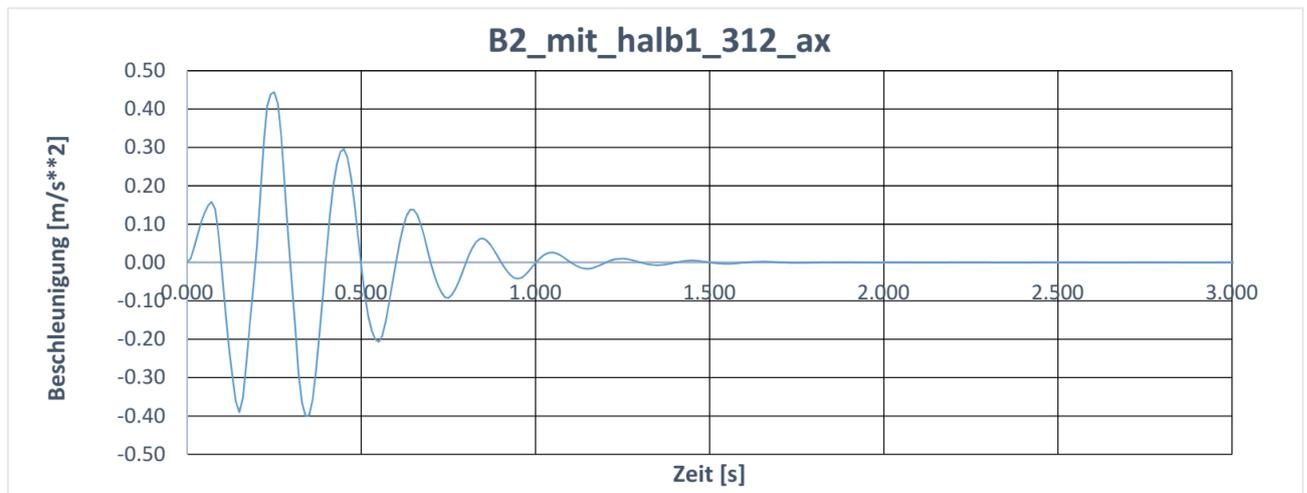


Abbildung 5-10: Zeitverläufe der Beschleunigung für B2_mit_half1_312

5.2.2 Anregung bei Bemessungserdbeben 1.2 x BEB

Grundlage für die Standsicherheitsnachweise der Behälterstapel für den Lastfall BEB sind die Etagenantwortspektren aus [U 2], s. Kapitel 2.1.

Aus den insgesamt 216 vorliegenden Bemessungserdbeben-Spektren (3 Bodenmodelle x 4 Befüllungszustände x 3 Lastfälle x 6 Knoten) der Behälterstapel wird eine Auswahl von insgesamt 7 Spektren ausgewählt, die die einhüllenden Spektren gut abdecken. Für die so ausgewählten Spektren werden die Beschleunigungszeitverläufe, welche bei der Ermittlung der Etagenantwortspektren berechnet werden, verwendet, gemäß KTA 2201.1 [R1]. Die folgenden 7 Spektren für eine Dämpfung von $D = 4\%$ und deren zugehörigen Zeitverläufe wurden ausgewählt:

- B1_max_half1_123 (Knoten 108)
- B1_max_leer_231 (Knoten 108)
- B1_max_half2_312 (Knoten 107)
- B1_max_voll_312 (Knoten 108)
- B2_max_half2_123 (Knoten 104)
- B2_max_half1_123 (Knoten 103)
- B2_max_half1_312 (Knoten 103)

In Abbildung 5-11 bis Abbildung 5-13 sind die ausgewählten Spektren im Vergleich zum einhüllenden Spektrum dargestellt. Die Zeitverläufe der Beschleunigungen folgen in den nächsten Bildern. Die Beschleunigungszeitverläufe in alle drei Richtungen wurden mit dem Faktor 1.20 vergrößert. Diese vergrößerten Anregungsfunktionen sind in Abbildung 5-14 bis Abbildung 5-20 dargestellt. Zu beachten ist dabei, dass die Zeitverläufe der z-Beschleunigungen den Eigengewichtsanteil nicht enthalten.

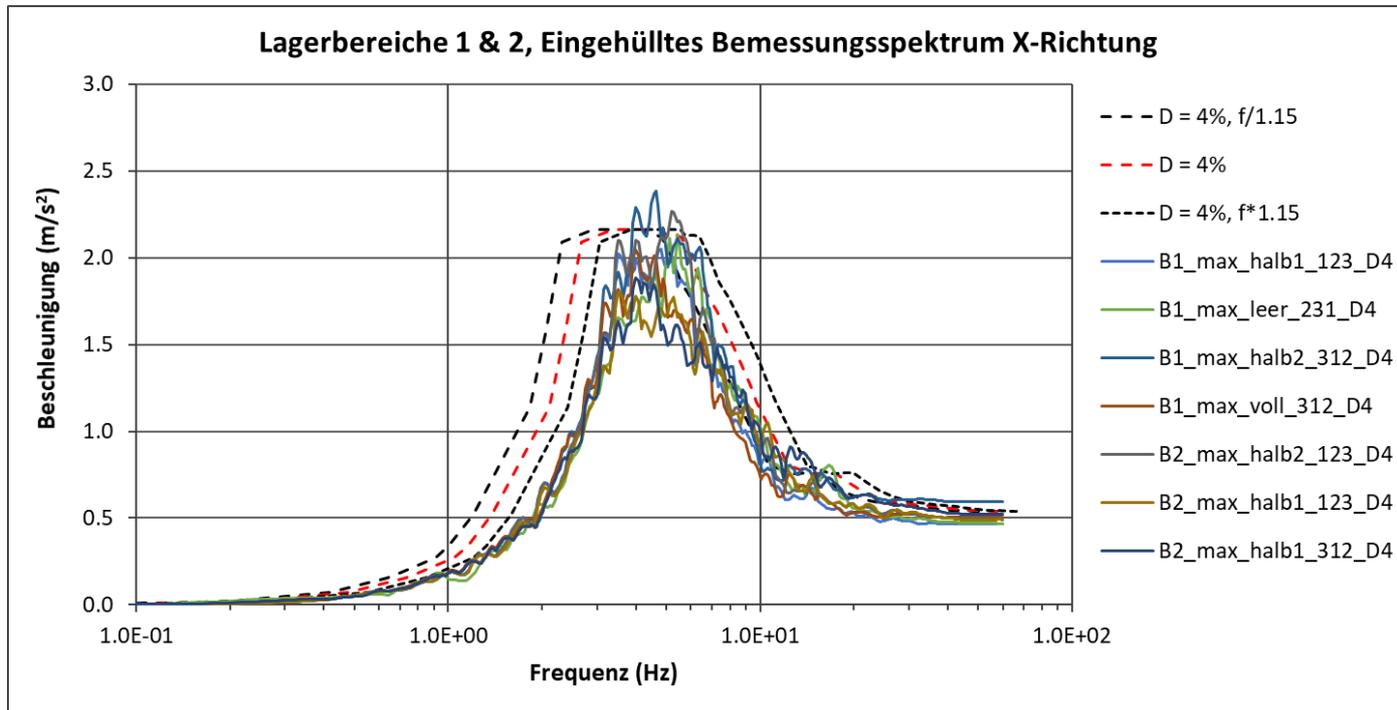


Abbildung 5-11: Ausgewählte Spektren im Vergleich zum eingehüllten Spektrum X-Richtung, [U 6]

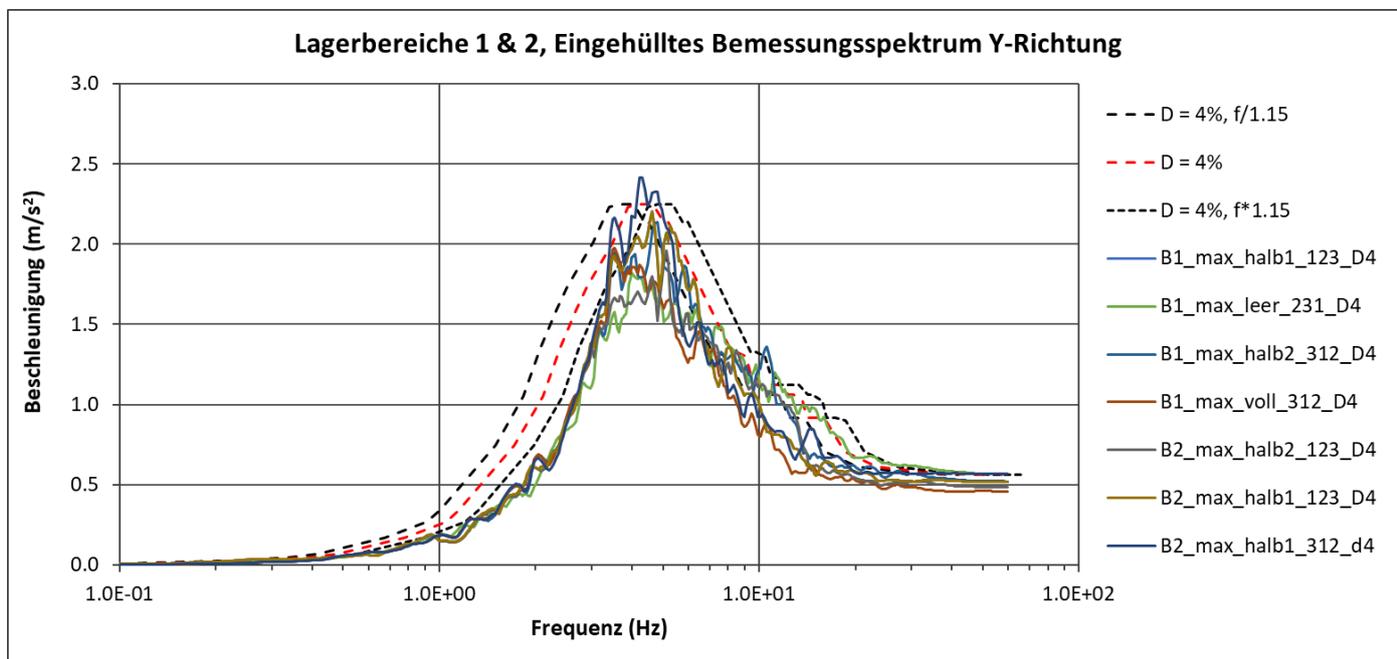


Abbildung 5-12: Ausgewählte Spektren im Vergleich zum eingehüllten Spektrum Y-Richtung, [U 6]

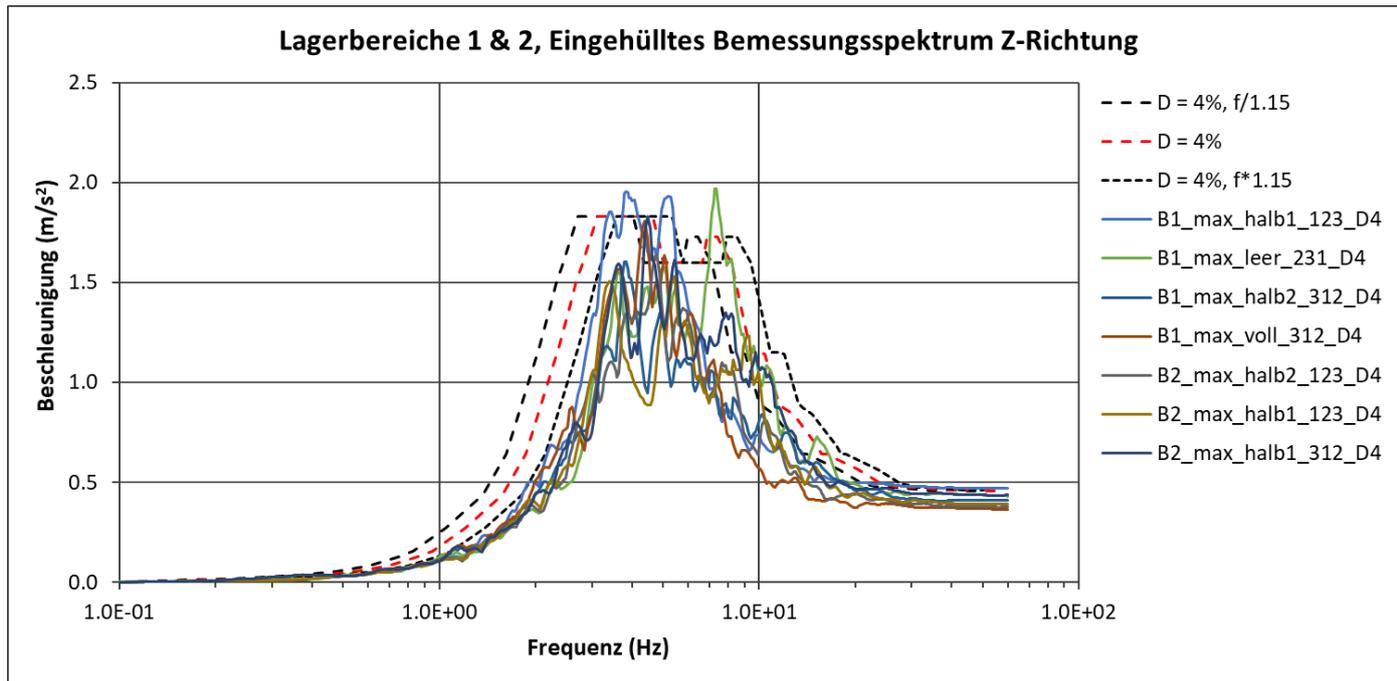


Abbildung 5-13: Ausgewählte Spektren im Vergleich zum eingehüllten Spektrum Z-Richtung, [U 6]

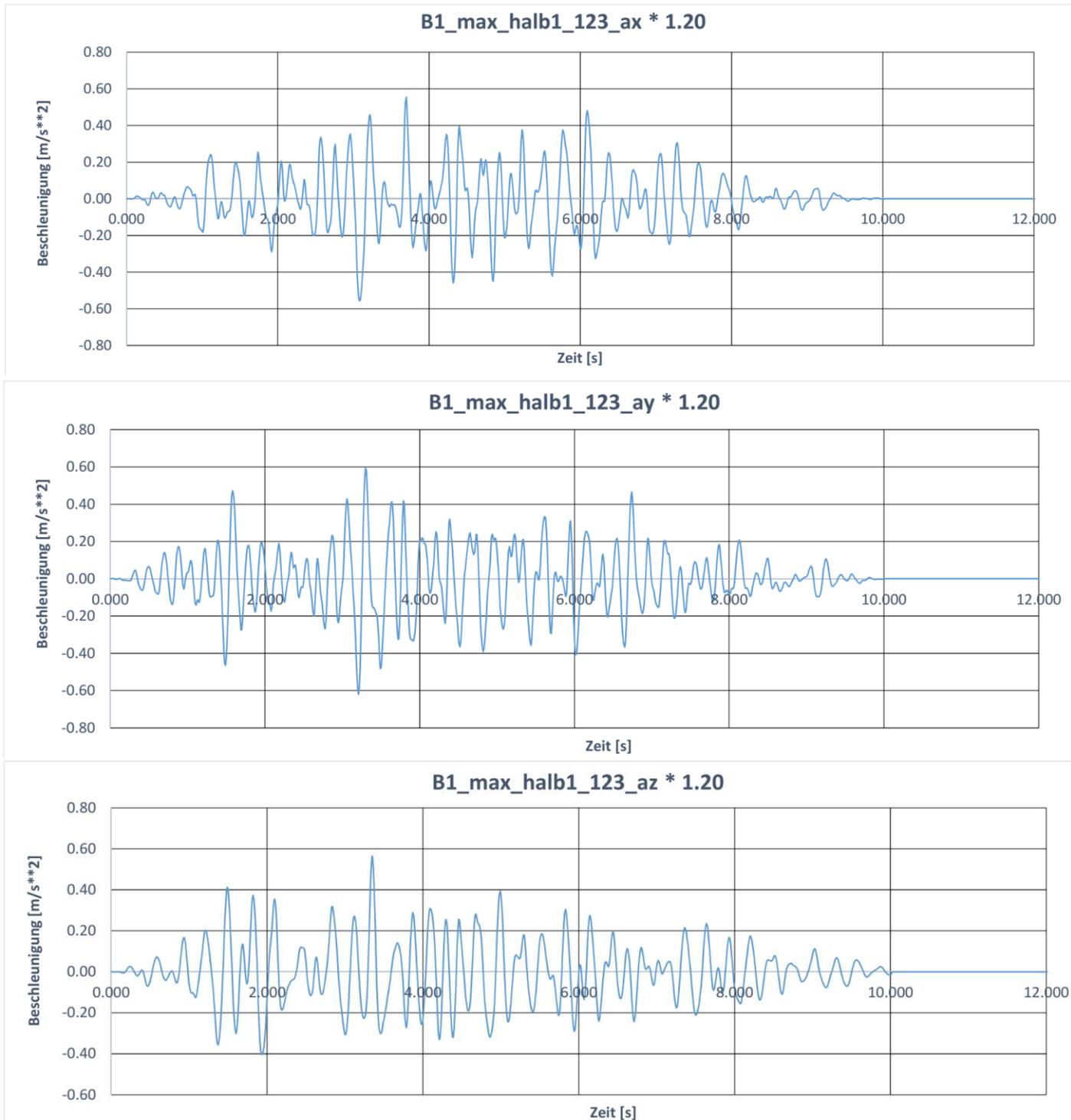


Abbildung 5-14: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_max_half1_123

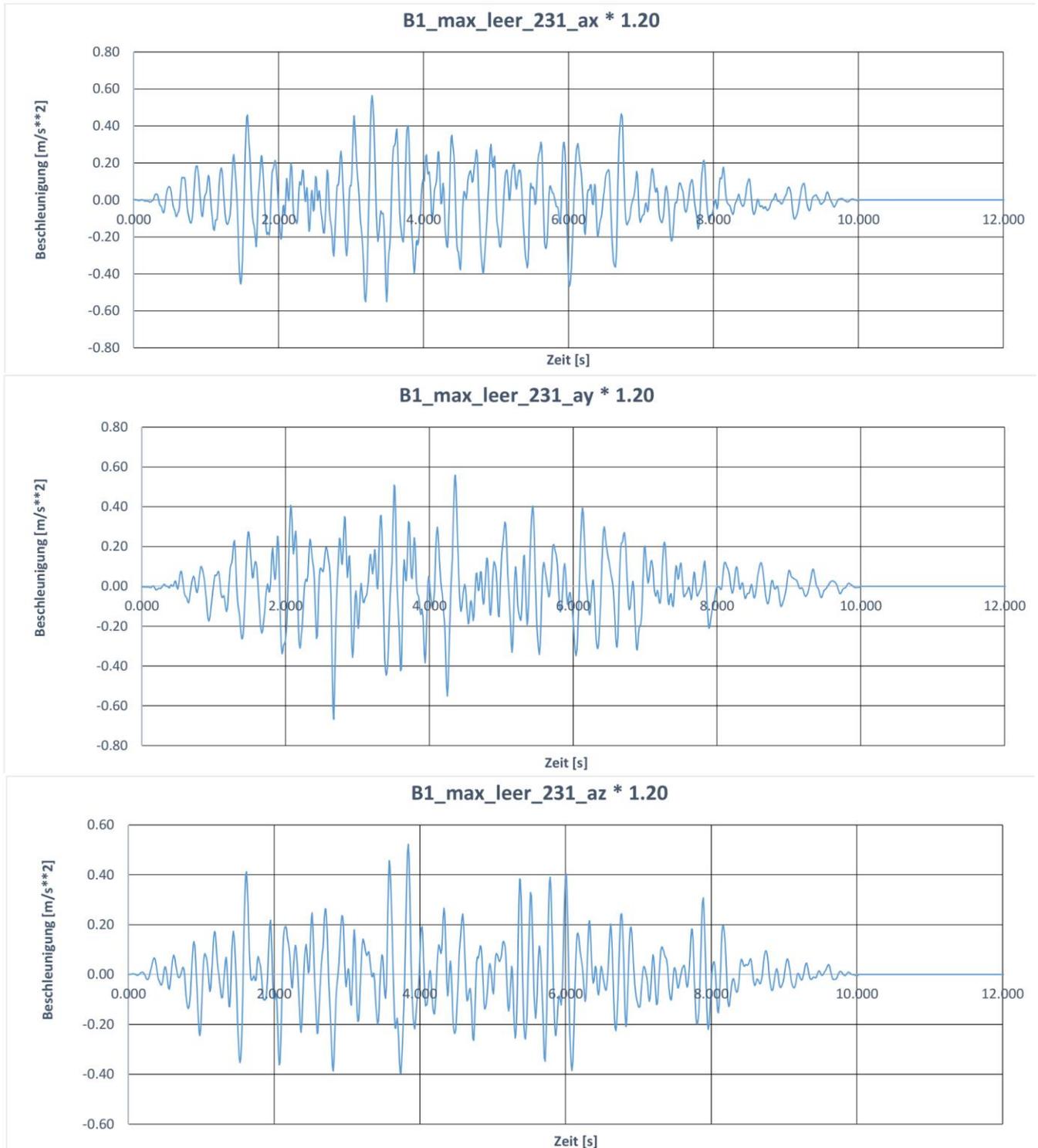


Abbildung 5-15: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_max_leer_231

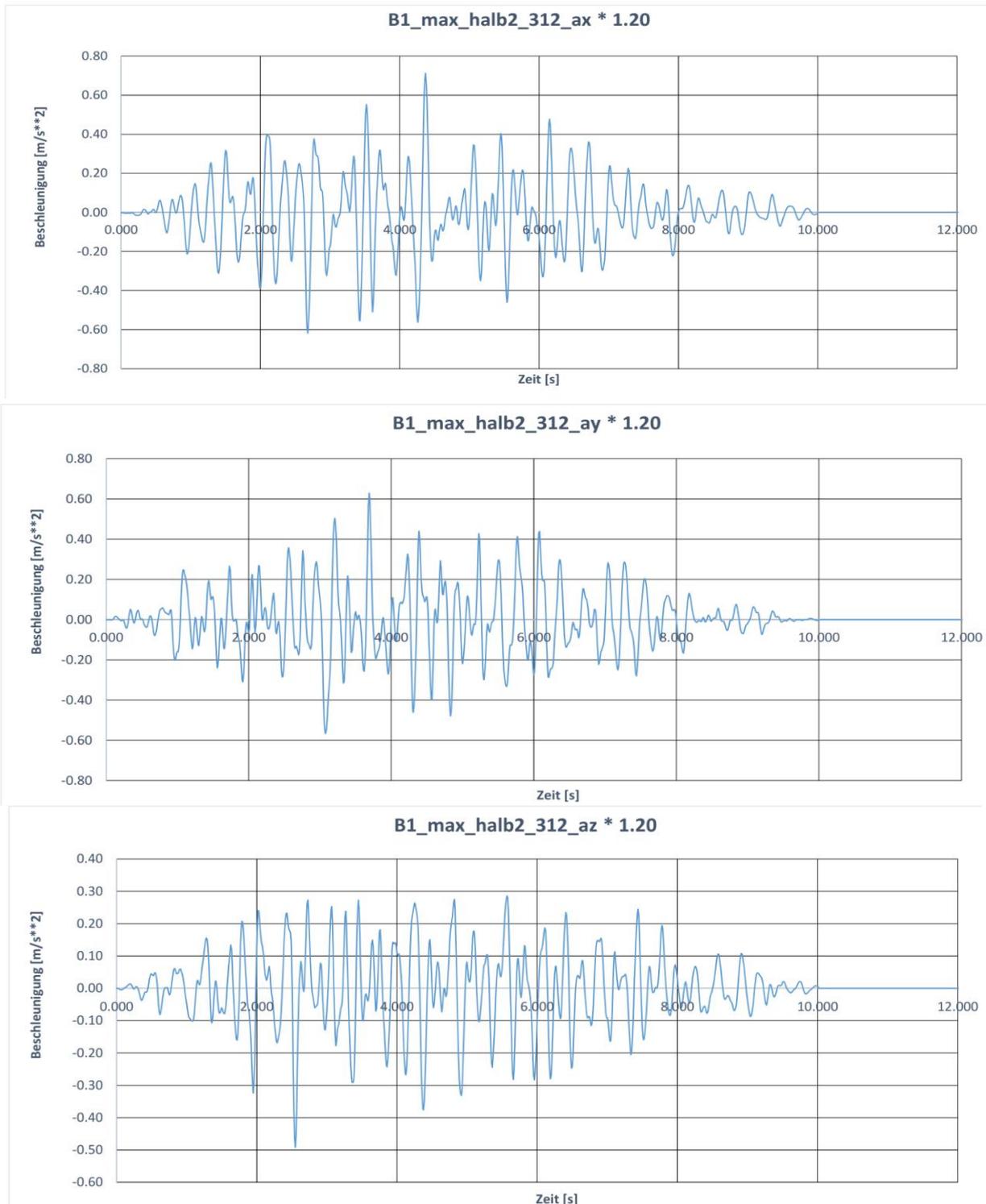


Abbildung 5-16: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_max_half2_312

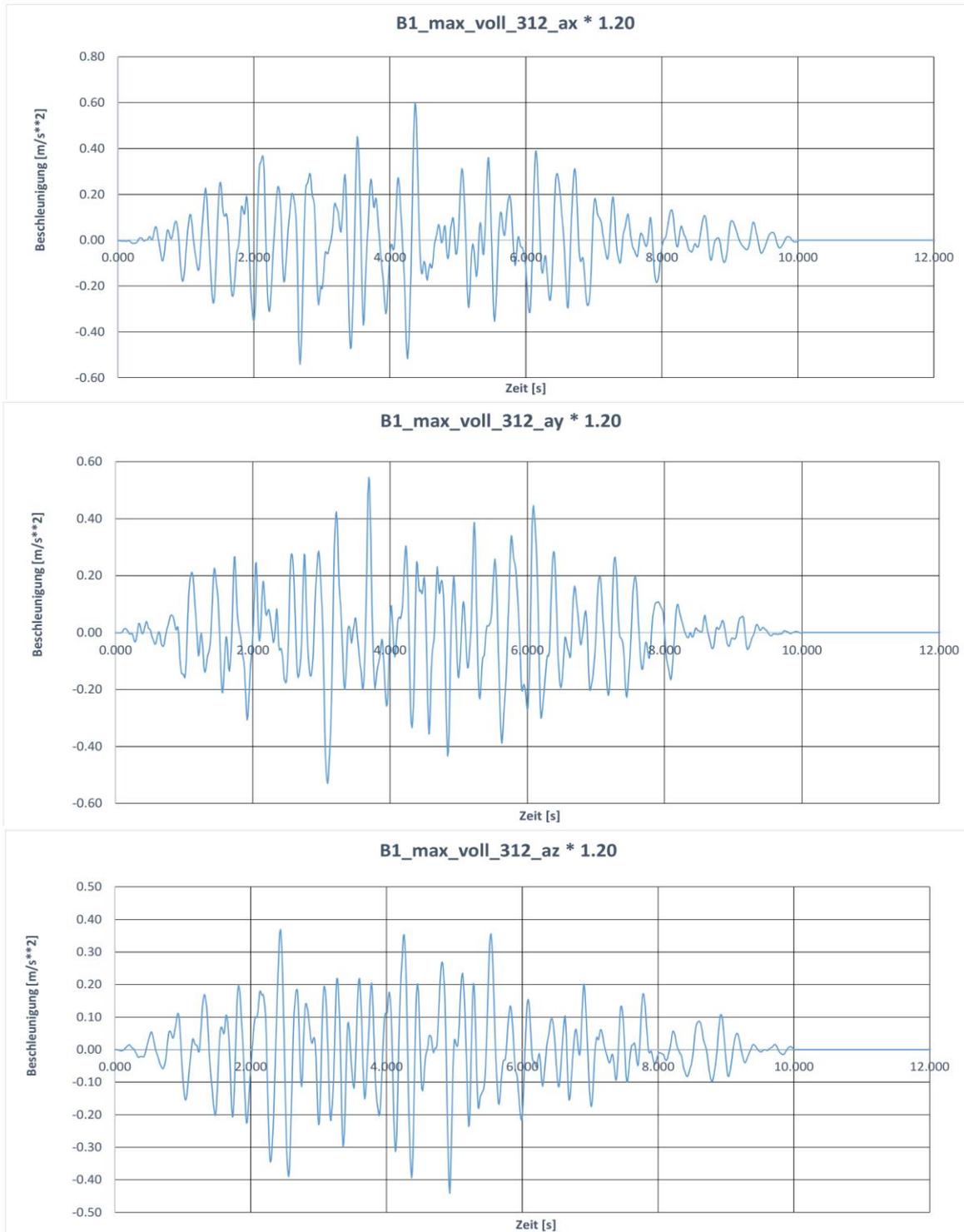


Abbildung 5-17: Zeitverläufe der Beschleunigung für B1_max_voll_312

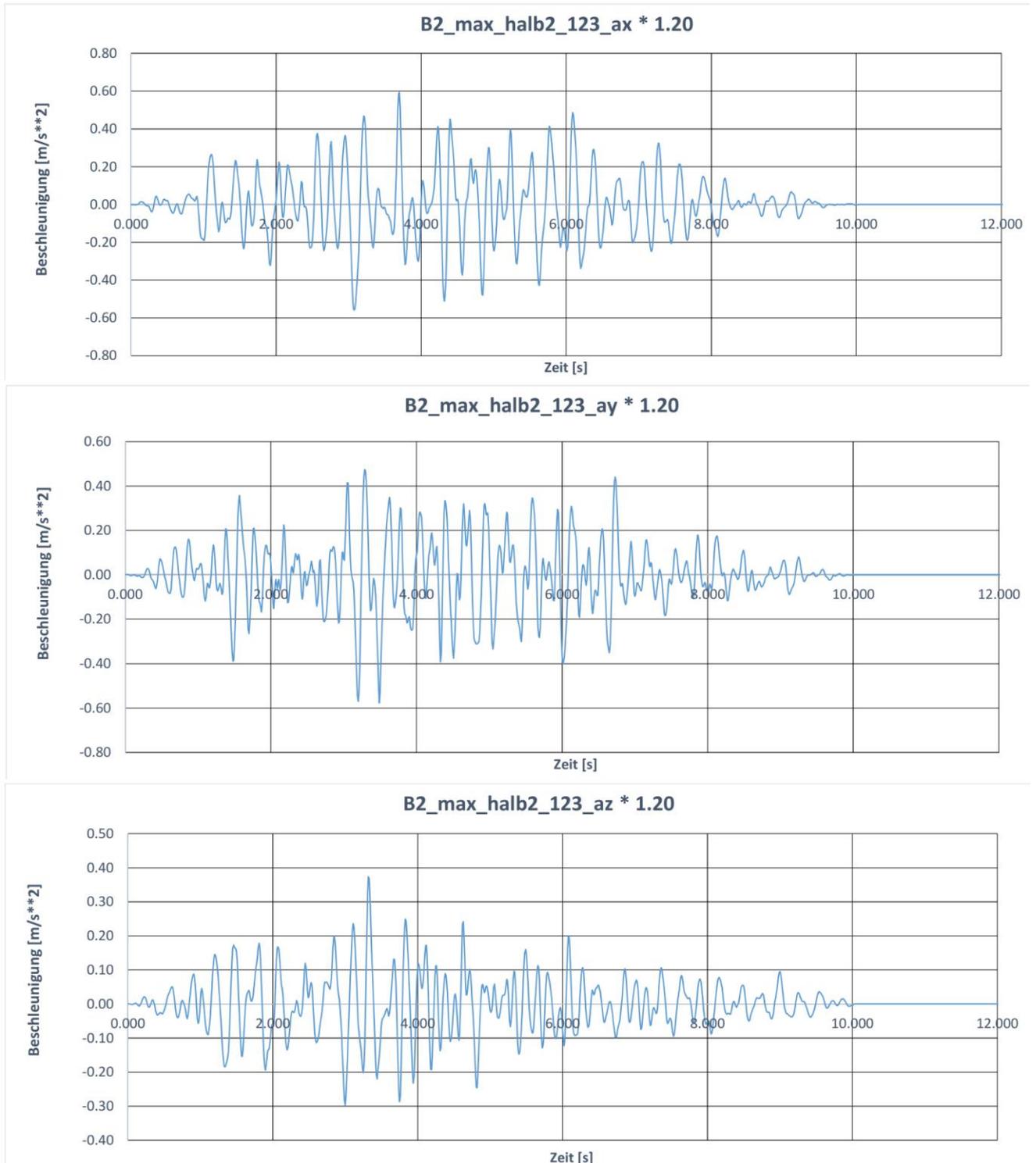


Abbildung 5-18: Zeitverläufe der Beschleunigung für B2_max_half2_123

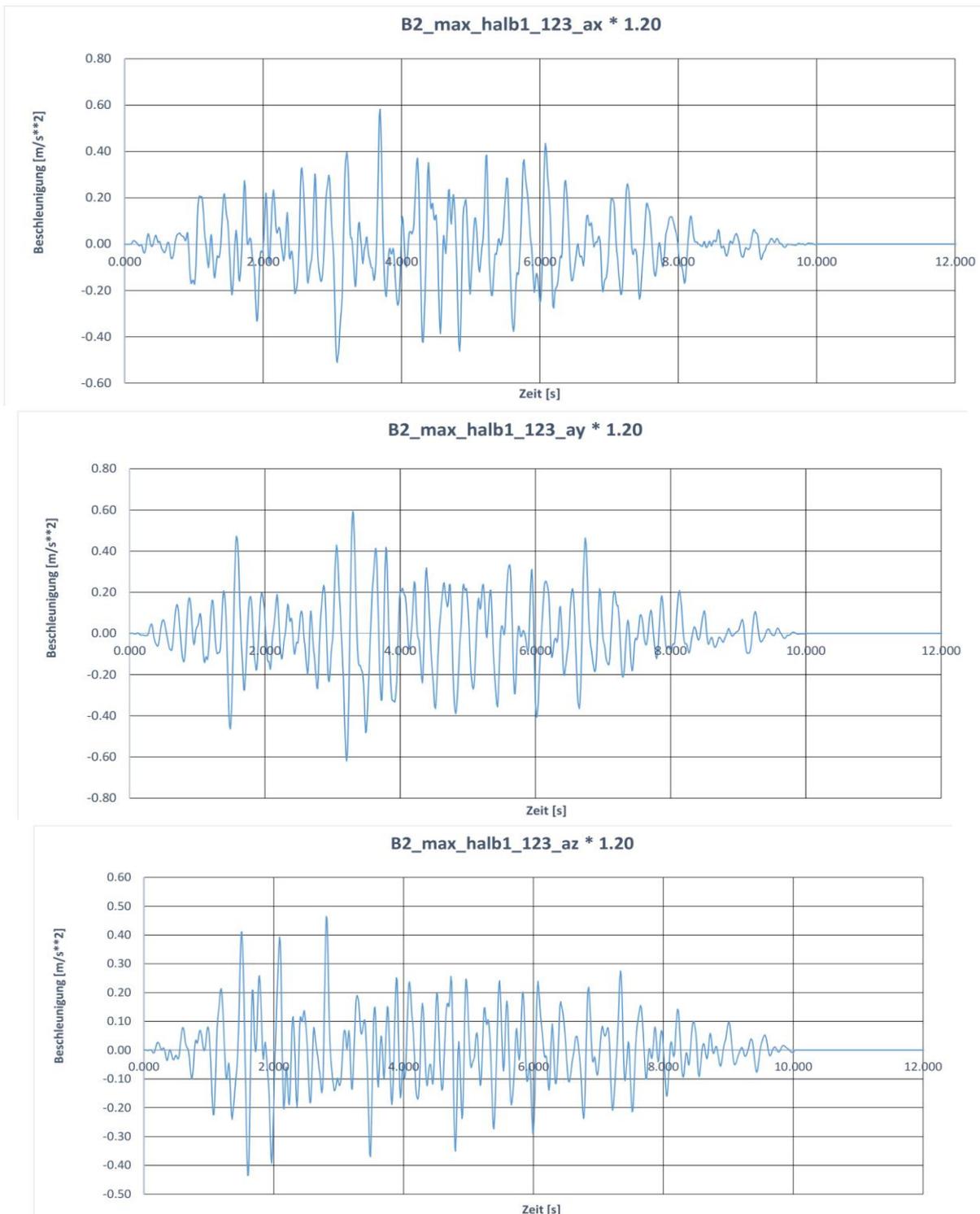


Abbildung 5-19: Zeitverläufe der Beschleunigung für B2_max_half1_123

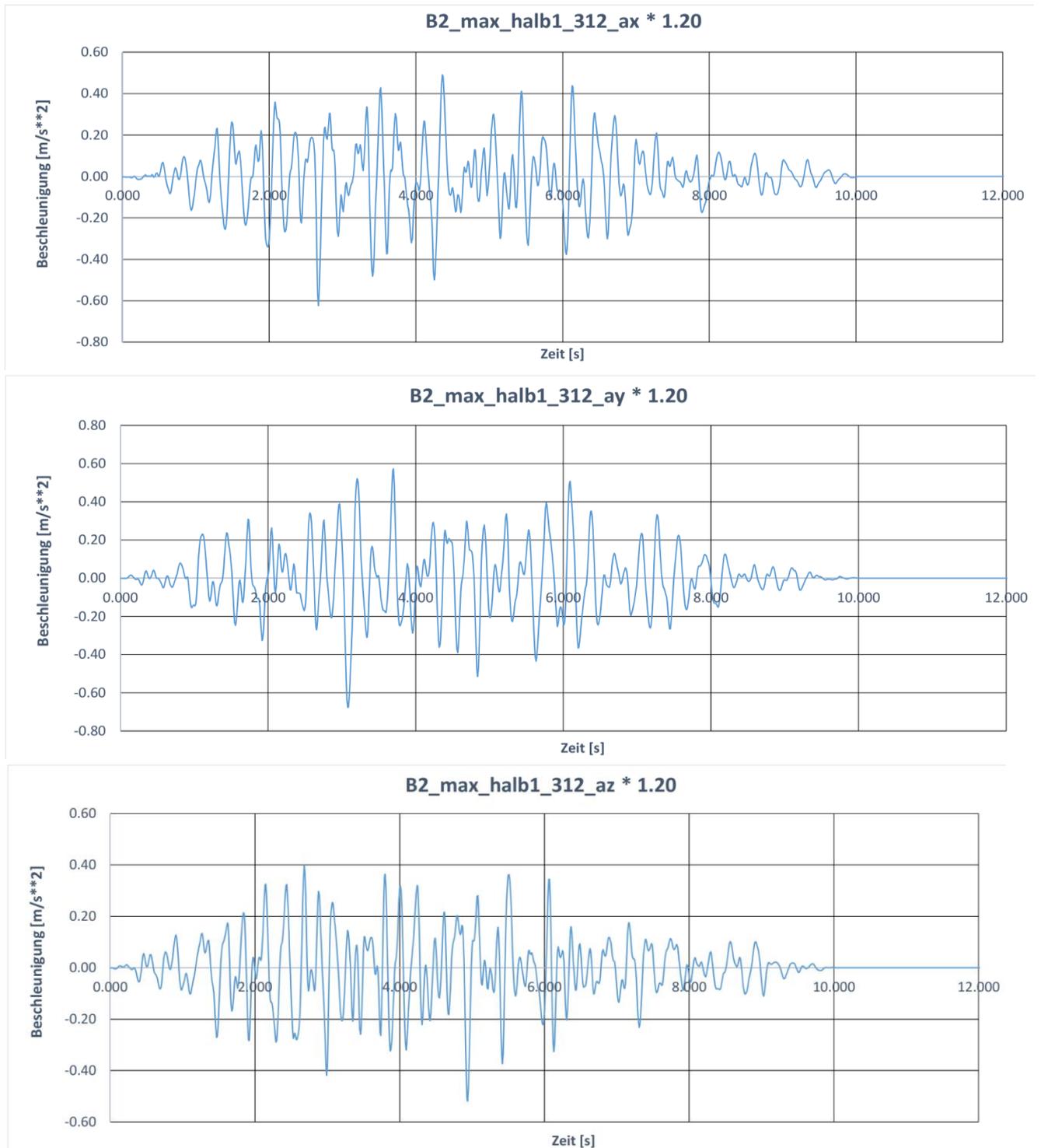


Abbildung 5-20: Zeitverläufe der Beschleunigung für B2_max_half1_312

5.2.3 Eigengewicht

Entsprechend der Vorgabe in KTA 2201.4 [R1] wird das Eigengewicht der Behälterstapel mit dem Faktor 0.95 verringert, d.h. die Beschleunigung aus Eigengewicht wird in z-Richtung mit $g = 0.95 \cdot 9.81 = 9.32 \text{ m/s}^2$ vorgegeben.

Für die Stapelkonstellation 01 mit $4 \cdot 10 \text{ t}$ ergibt sich damit eine Reaktionskraft im Eigengewichtszustand von $F_z = 373 \text{ kN}$, in der Stapelkonstellation 02 mit $3 \cdot 5 \text{ t} + 1 \cdot 10 \text{ t}$ ergibt sich eine Reaktionskraft im Eigengewichtszustand von $F_z = 233 \text{ kN}$.

Das Eigengewicht wird als zeitlich konstante Beschleunigung im Modell berücksichtigt und mit der zeitlich variablen Beschleunigung in z-Richtung aus der Explosionsanregung bzw. der Bemessungs-erdbebenanregung überlagert.

Die konstante Beschleunigung der Eigengewichtswirkung mit $g = 0.95 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$ wird für den Lastfall EDW im ersten Zeitschritt $\Delta t = 0.01 \text{ s}$ aufgebracht. Der Behälterstapel kommt dann über 100 Zeitschritte im Zeitintervall bis $t = 1 \text{ s}$ zu seiner statischen Ruhelage. Man erkennt das plötzliche Aufbringen der vertikalen Beschleunigung an den Spitzen in den Zeitverläufen der z-Verschiebungen, die im Bereich von $t = 0 \text{ s}$ bis $t = 0.01 \text{ s}$ vorliegen.

Für den Lastfall BEB erfolgt die Steigerung der Eigengewichtswirkung linear ansteigend über den Zeitraum $t = 0 \text{ s}$ bis $t = 1 \text{ s}$. Hierzu werden die ersten 100 Zeitschritte mit einem $\Delta t = 0.01 \text{ s}$ verwendet.

Die Belastung wird schrittweise aufgebracht.

Zeit $0 < t < 16 \text{ s}$	statische Belastung aus Eigengewicht, in negativer z-Richtung wirkend
Zeit $1 \text{ s} < t < 11 \text{ s}$	zusätzlich: Zeitverlauf der Beschleunigungen aus Explosionsdruckwelle in die drei Koordinatenrichtungen, aufgebracht als Fußpunktbeschleunigung auf die Fundamentplatte

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 58d
---------------------------	---	-------------------

5.3 Modell des Behälterstapels

5.3.1 Geometrie

Die Geometrie des einzelnen Behälters und seiner Fußplatte ist in den beiden Abbildungen dargestellt. Der Gussbehälter wird als Schalenmodell modelliert. Die Gesamtmasse des Behälters wird entsprechend der unterschiedlichen Wanddicken auf die Behälterwandungen verteilt, d.h. es wird eine konstante Dichte für alle Schalenelemente angesetzt.

5.3.2 FE-Modell

Die nächsten Bilder zeigen das CAD-Modell des Behälterstapels sowie seine FE-Vernetzung. In den Bildern des FE-Modells sind die Schalenelemente mit ihren jeweiligen Dicken als dreidimensionale Elemente dargestellt. In Abbildung 3-5 ist das Koordinatensystem dargestellt. Die x- und y-Achse liegen in der horizontalen Ebene der Fundamentplatte, die z-Achse zeigt vertikal nach oben. Die Rotationsachse des Behälterstapels, d.h. die Behältermittelachse ist gegen die vertikale z-Achse um 1% in Richtung der positiven x-Achse geneigt.

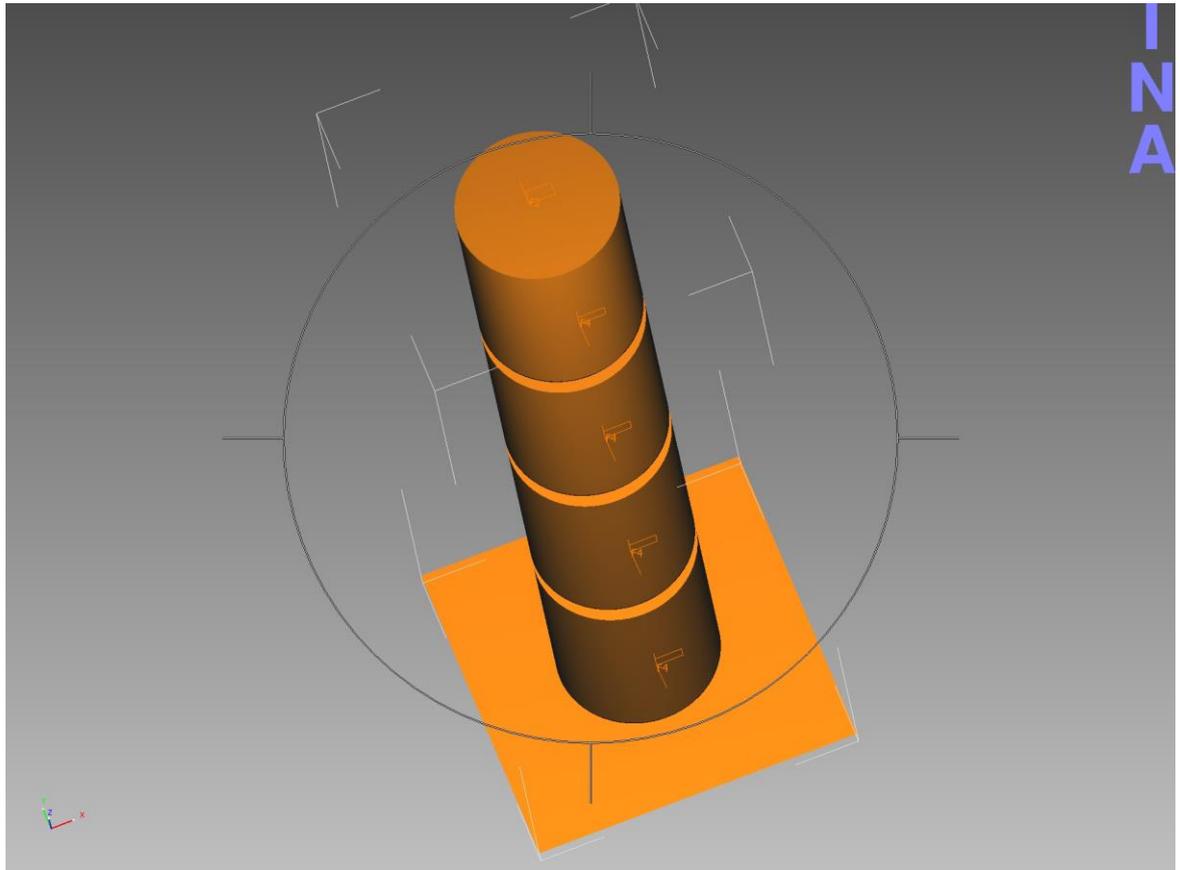


Abbildung 5-21: CAD-Modell des Behälterstapels

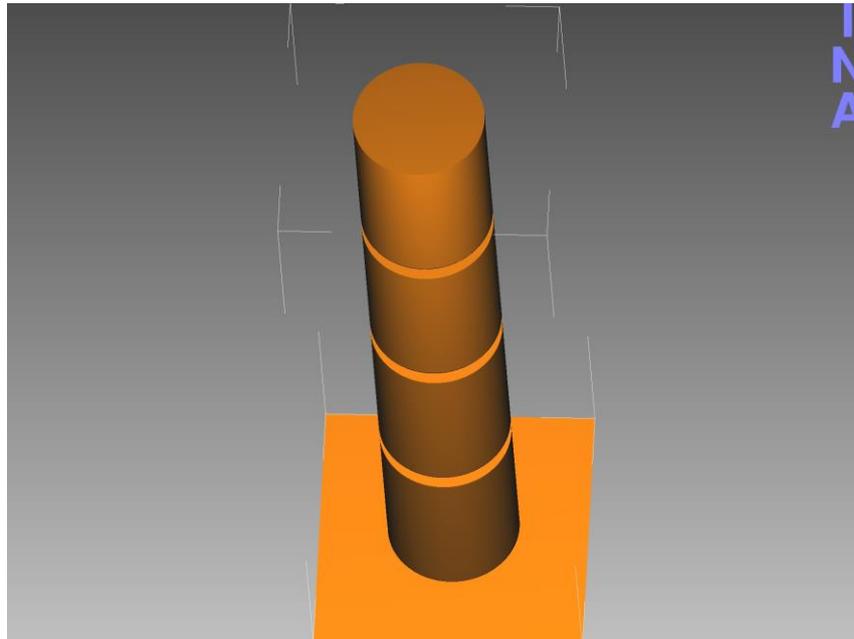


Abbildung 5-22: CAD-Modell des Behälterstapels

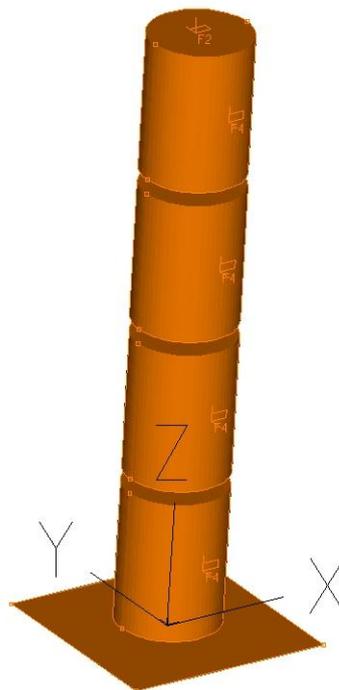


Abbildung 5-23: CAD-Modell des Behälterstapels

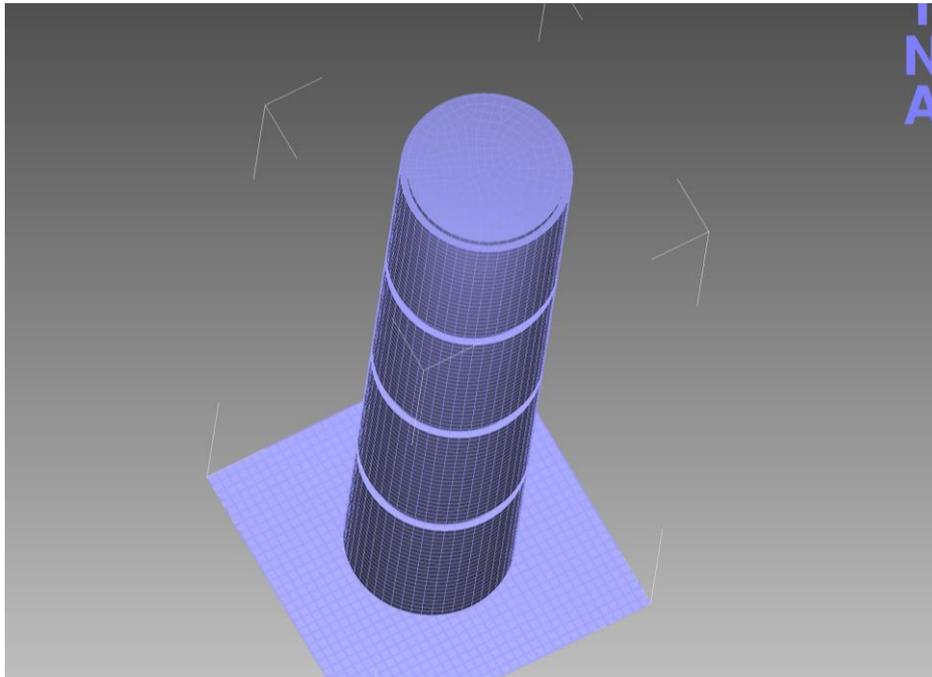


Abbildung 5-24: FEM-Modell des Behälterstapels

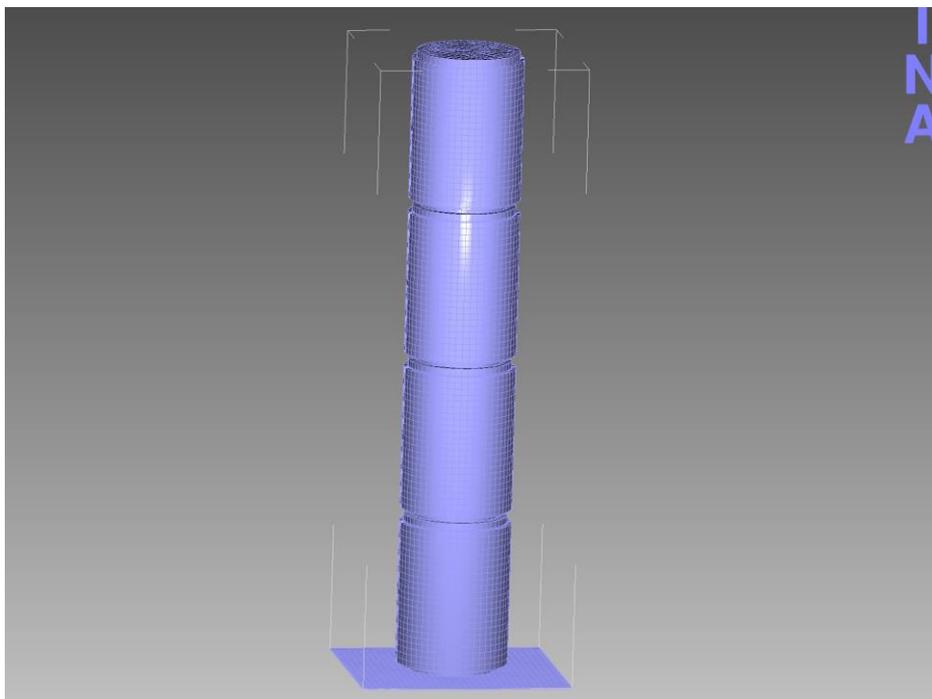


Abbildung 5-25: FEM-Modell des Behälterstapels

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 62d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

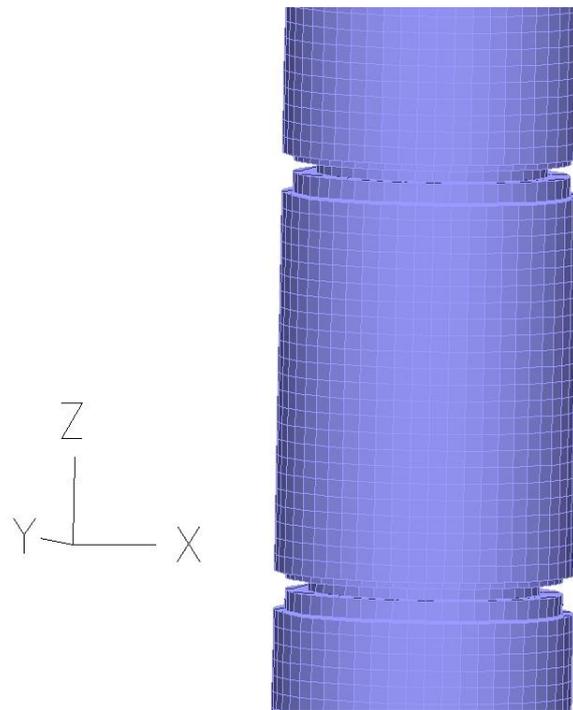


Abbildung 5-26: FEM-Modell des Behälterstapels, Detail einer Kontaktstelle zwischen zwei Behältern

Die Behälter sind untereinander durch Kontaktbedingungen mit Reibung gelagert. Es werden zwei unterschiedliche Reibungssituationen untersucht, siehe Abschnitt 5.1.

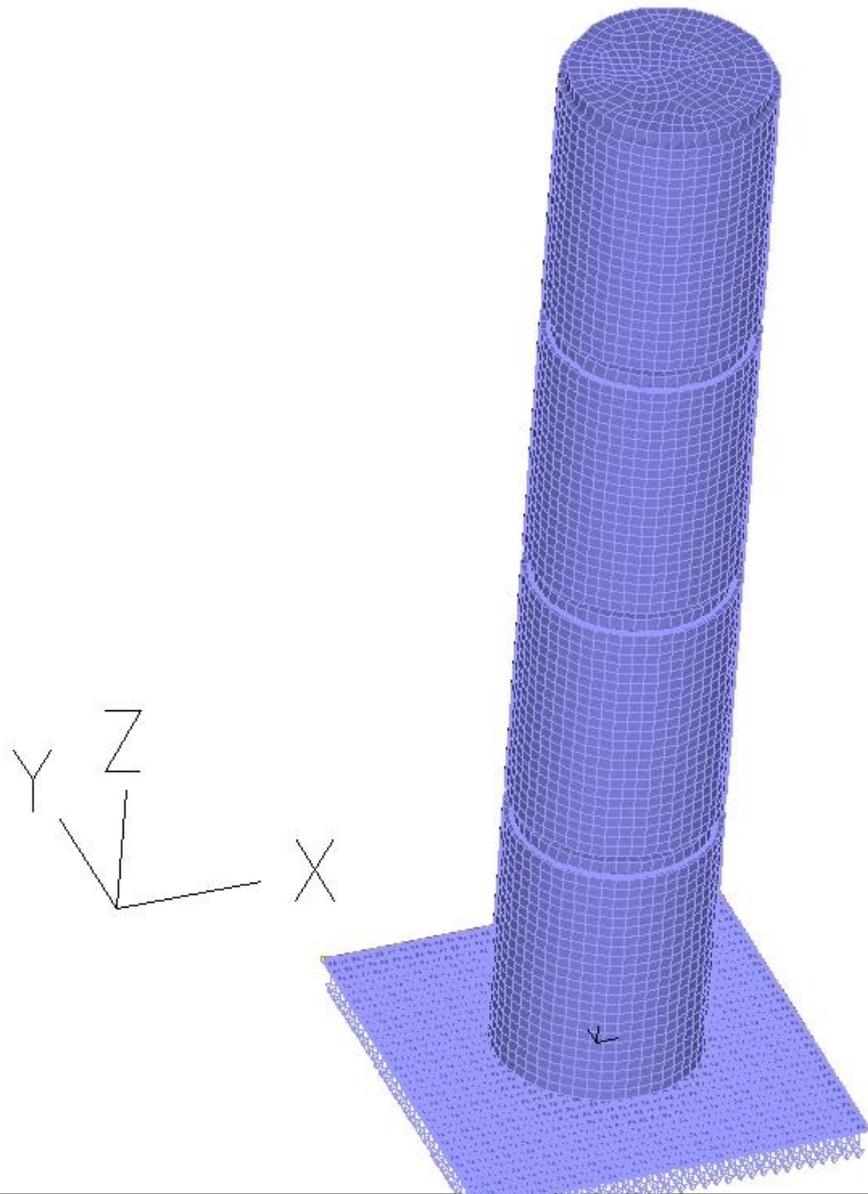


Abbildung 5-27: FEM-Modell des Behälterstapels

Die beiden folgenden Bilder zeigen einen Schnitt durch den Behälterstapel entlang der Ebene $x = 0$. In Abbildung 5-29 sind die Kontaktflächen zwischen den Behältern in Rot markiert. Zu erkennen sind in den Bildern auch die unterschiedlichen Behälterwanddicken. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die Behälter als Schalenmodelle beschrieben wurden und deshalb nur durch die Schalenmittelflächen in ihrer Geometrie definiert werden. Bei einer Darstellung des Modells mit Schalendicken kommt es deshalb an den Übergängen zu den Sprüngen in den Oberflächen. Im folgenden Bild, Abbildung 5-28 ,

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: 64d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

sind die Kontaktflächen durch einen roten Strich markiert. Da die Behälter mit Schalenelementen modelliert werden, muss die Schalendicke durch einen offset-Parameter in der Kontaktformulierung berücksichtigt werden, so dass die Oberflächen der Schalen miteinander in Kontakt stehen.

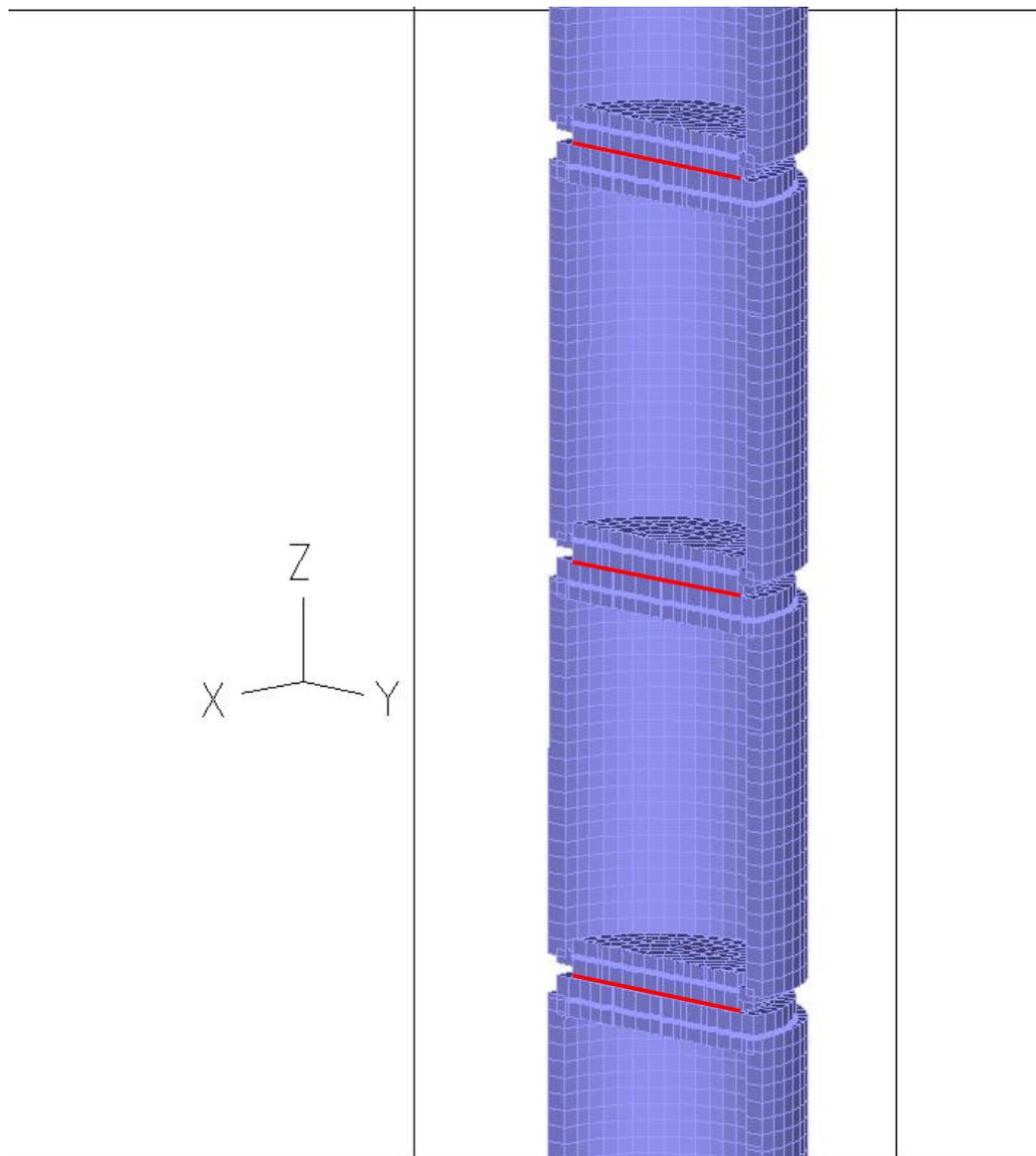


Abbildung 5-28: Schnitt durch das FEM-Modell des Behälterstapels, Koordinatensystem

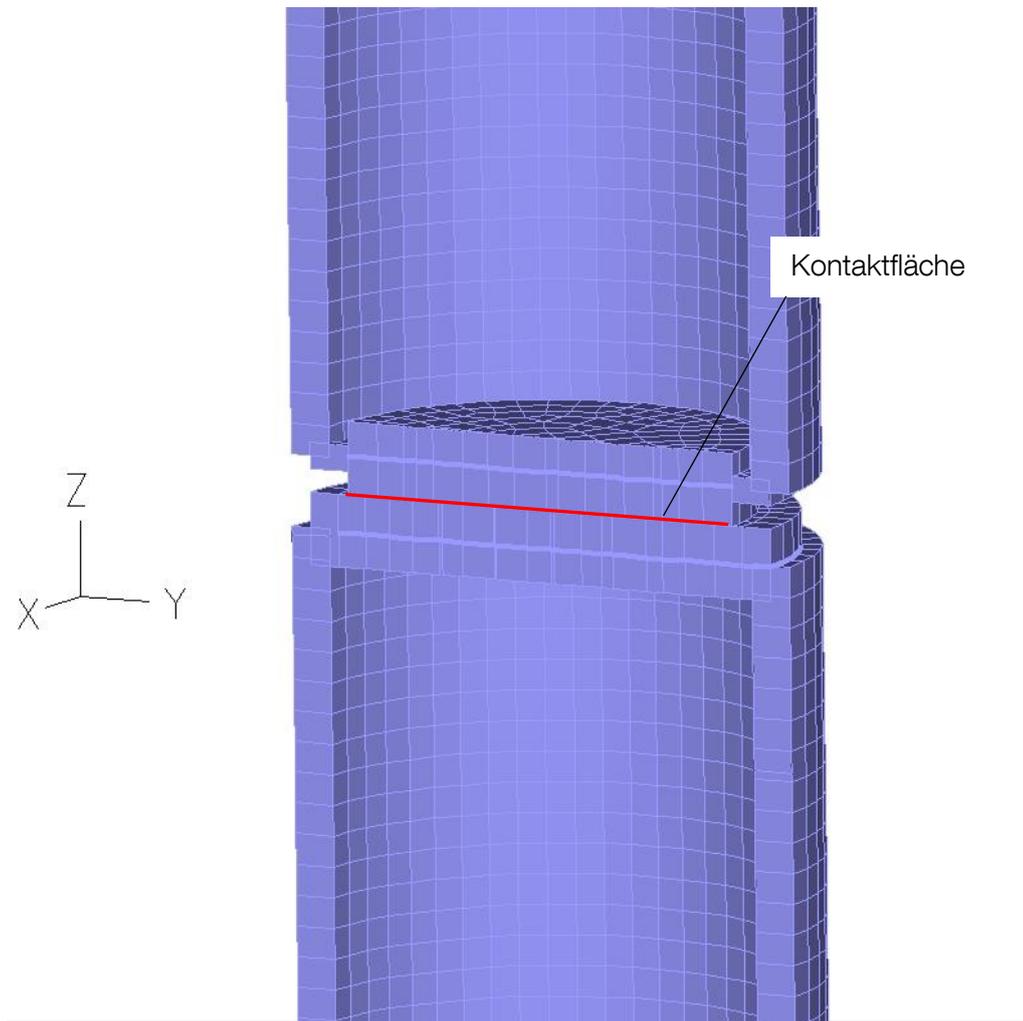


Abbildung 5-29: Detail der Kontaktflächen des FEM-Modells des Behälterstapels

5.3.3 Materialparameter

Als Materialparameter werden die folgenden Werte angesetzt:

Gussbehälter leer, Masse $m_1 = 5 \text{ t}$

Elastizitätsmodul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Querdehnzahl $\nu = 0.30$

Dichte $\rho = 9510 \text{ kg/m}^3$

Gussbehälter voll, Masse $m_2 = 10.0 \text{ t}$

Elastizitätsmodul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Querdehnzahl $\nu = 0.30$

Dichte $\rho = 19020 \text{ kg/m}^3$

Durch eine statische Analyse wurden die zu erreichenden Eigengewichtslasten von $m_1 = 5.0 \text{ t}$ und $m_2 = 10.0 \text{ t}$ überprüft.

Reibungskoeffizienten

Variante 01: Stahl – Beton $\mu = 0.20$

Stahl-Stahl $\mu = 0.10$

Variante 02: Stahl – Beton $\mu = 0.60$

Stahl-Stahl $\mu = 0.30$

Die Materialdämpfung wird im gesamten System zu $D = 2 \%$ gesetzt.

Das direkte Zeitschrittintegrationsverfahren wird mit einem impliziten Algorithmus und mit den folgenden Zeitschrittweiten durchgeführt:

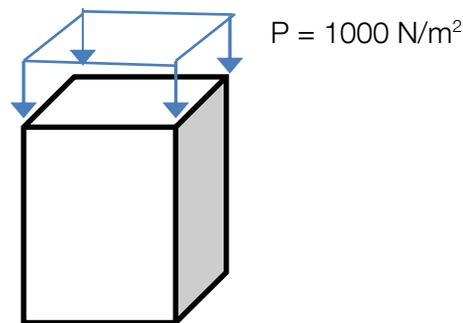
1. Zeitintervall von $t = 0 \text{ s}$ bis $t = 1 \text{ s}$, 100 Zeitschritte mit $\Delta t = 0.01 \text{ s}$.
2. Zeitintervall von $t = 1 \text{ s}$ bis $t = 16 \text{ s}$, 7500 Zeitschritte mit $\Delta t = 0.002 \text{ s}$

Die Ergebnisse jedes 25.ten Zeitschritts werden aufgezeichnet, d.h. im Zeitabstand von $\Delta t = 0.05 \text{ s}$.

5.3.4 Lagerung des Behälterstapels

Der untere Behälter wird über Kontaktbedingungen mit Reibung auf der starren Fundamentplatte gelagert. Zur Abschätzung des Einflusses der Elastizität der Fundamentplatte wird für zwei Fälle des BEB die Kontaktplatte, welche die Fundamentplatte abbildet, mit einer elastischen Federlagerung versehen. Die Federlagerung ergibt sich für eine angesetzte Betonsteifigkeit von $E = 35\,000 \text{ MPa}$ folgendermaßen:

Annahme eines einachsigen Spannungszustands in einem Betonwürfel von $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 1.60 \text{ m}$ Abmessungen. Aufgebrachte Flächenlast $p = 1000 \text{ N/m}^2$.



Spannung $\sigma = 1000 \text{ N/m}^2$

zugehörige Dehnung $\epsilon = \sigma/E = 1000 / 35000 \cdot 10^6 = 2.857 \cdot 10^{-8}$

vertikale Verschiebung $u_z = \epsilon \cdot h = 2.857 \cdot 10^{-8} \cdot 1.60 \text{ m} = 4.5714 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

Federkraft $F = k \cdot u$

Federsteifigkeit $k = F/u = (1000 \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) / 4.5714 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 21.8 \cdot 10^9 \text{ N/m pro m}^2 \text{ Fläche}$

Für die beiden Fälle des Bemessungserdbebens K_01_B1_reib_b_max_leer_231 und K_01_reib_b_B2max_half1_312 werden linear elastische Federn mit der oben berechneten Federsteifigkeit unter der Fundament-(Kontakt-)platte angeordnet.

Die darüber gestapelten Behälter werden jeweils über Kontaktbedingungen zwischen den Behälterdeckeln gelagert. Dabei wird die Fläche des Behälterbodensockels mit einem Durchmesser $d = 820 \text{ mm}$ vollständig als Kontaktfläche angesetzt. Für den Behälterdeckel wird eine Kreisfläche mit einem Durchmesser von $d = 1060 - 2 \cdot 40 = 980 \text{ mm}$ angesetzt.

5.3.5 Eigenfrequenzen des Behälterstapels

Zur Bewertung des dynamischen Antwortverhaltens des Behälterstapels werden die Eigenfrequenzen des Systems für die beiden Stapelkonstellationen 01 und 02 im Folgenden dargestellt. Die Starrkörperbewegungen mit Frequenz $f = 0 \text{ Hz}$ werden nicht aufgeführt. Die in den Tabellen dargestellten Eigenmoden, bei denen der Stapel, bzw. einzelne Behälter des Stapels kippen, treten immer im Paar in zwei Richtungen auf.

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: 68d

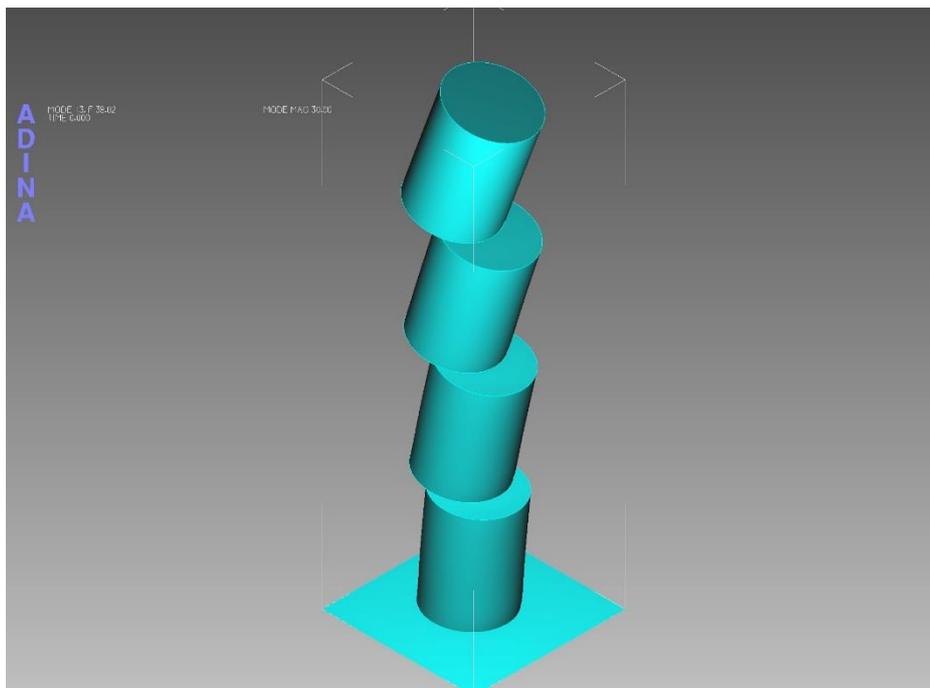
GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Für die Berechnung der Eigenfrequenzen wird die Normalsteifigkeit der Kontaktflächen zwischen den Behältern auch auf Zug angesetzt.

Beispielhaft sind in Abbildung 5-30 bis Abbildung 5-37, die Eigenformen zu einigen Eigenfrequenzen dargestellt.

Eigenfrequenzen Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10 t

Eigenfrequenz	f [Hz]	
1	38.02	Kippen des Stapels
2	38.19	Kippen des Stapels
3	70.11	Schwingung in Stapellängsrichtung (z-Achse)
4	107.2	Kippen des Stapels
5	107.6	Kippen des Stapels
6	157.9	Kippen des Stapels
7	158.9	Kippen des Stapels



Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 69d
---------------------------	---	-------------------

Abbildung 5-30: Stapelkonstellation 01, Eigenform zu Eigenfrequenzen 1 und 2 ($f=38.02$ Hz und $f = 38.19$ Hz)

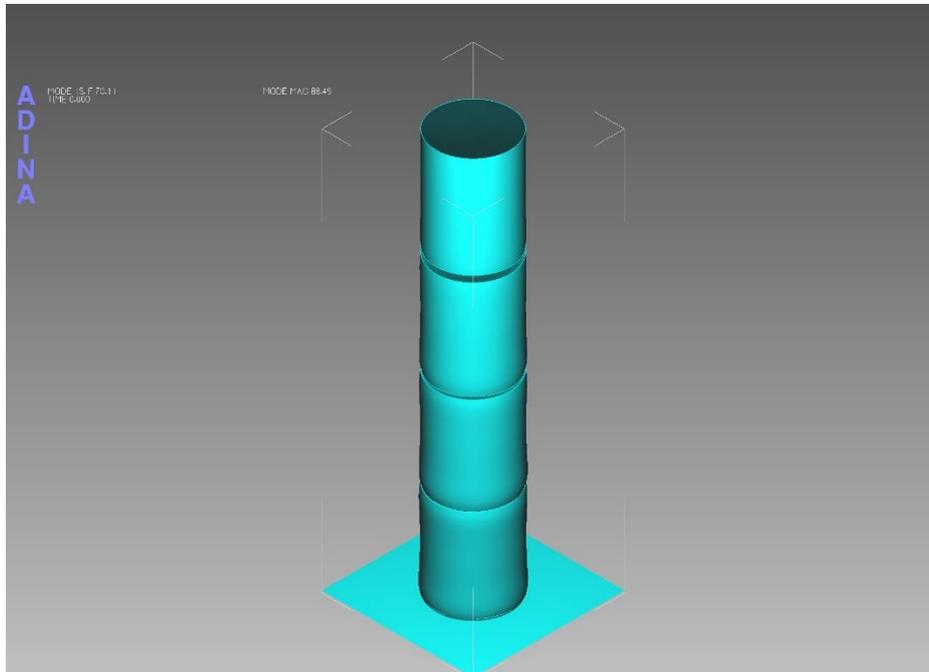


Abbildung 5-31: Stapelkonstellation 01, Eigenform zu Eigenfrequenz 3 ($f=70.11$ Hz)

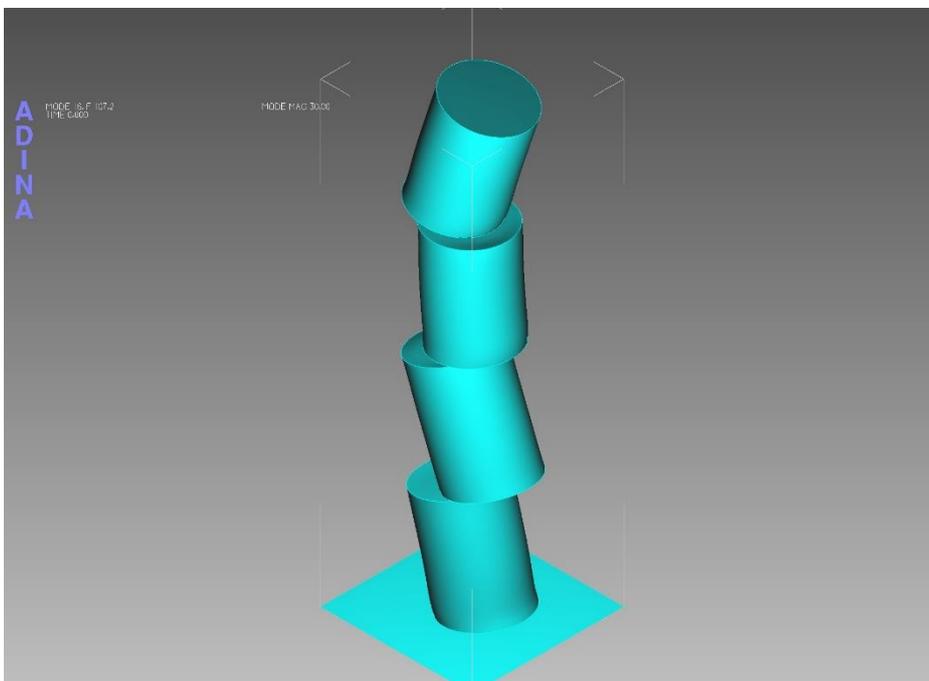


Abbildung 5-32: Stapelkonstellation 01, Eigenform zu Eigenfrequenzen 4 und 5 ($f=107.2$ Hz und $f = 107.6$ Hz)

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 70d
---------------------------	---	-------------------

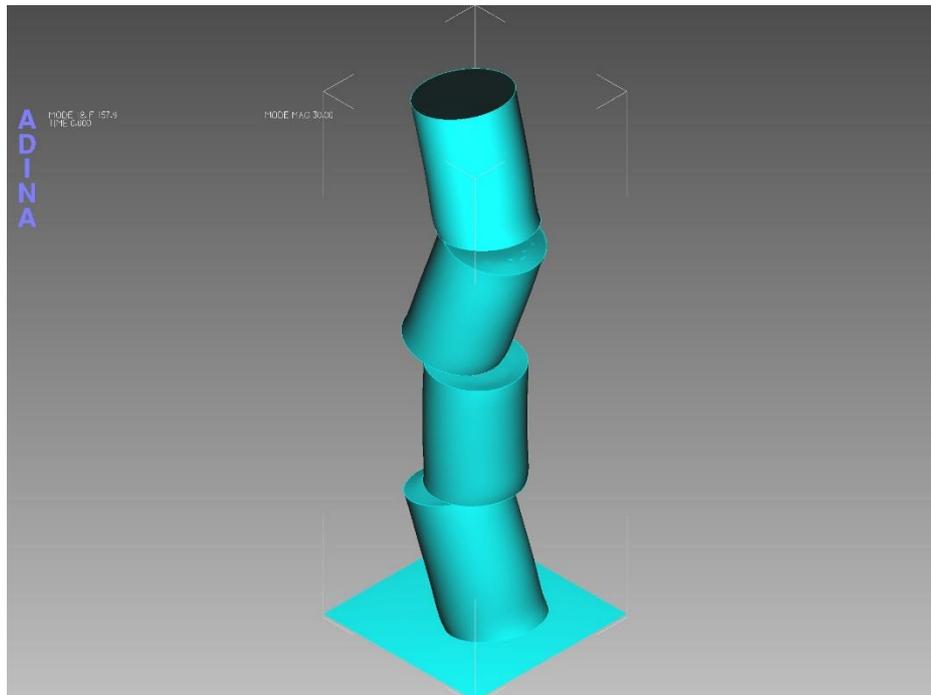


Abbildung 5-33: Stapelkonstellation 01, Eigenform zu Eigenfrequenzen 6 und 7 ($f=157.9$ Hz und $f = 168.9$ Hz)

Eigenfrequenzen Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10 t

Eigenfrequenz	f [Hz]	
1	44.11	Kippen des Stapels
2	44.31	Kippen des Stapels
3	81.5	Schwingung in Stapellängsrichtung (z-Achse)
4	136.3	Kippen des Stapels
5	136.9	Kippen des Stapels
6	214.9	Kippen des Stapels
7	215.8	Kippen des Stapels

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: 71d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

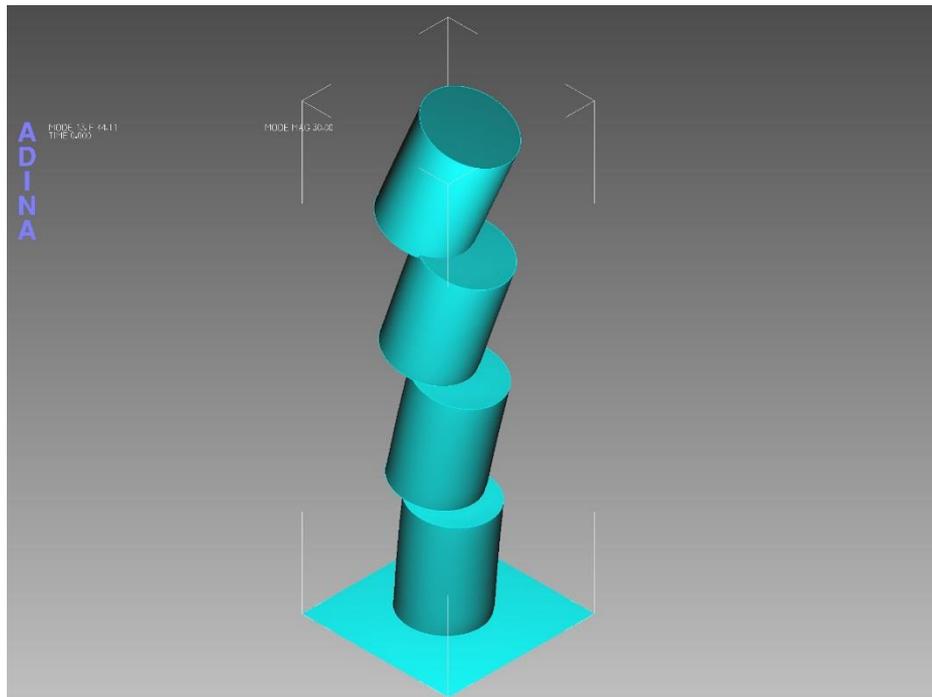


Abbildung 5-34: Stapelkonstellation 02, Eigenform zu Eigenfrequenzen 1 und 2 ($f=44.11$ Hz und $f = 44.31$ Hz)

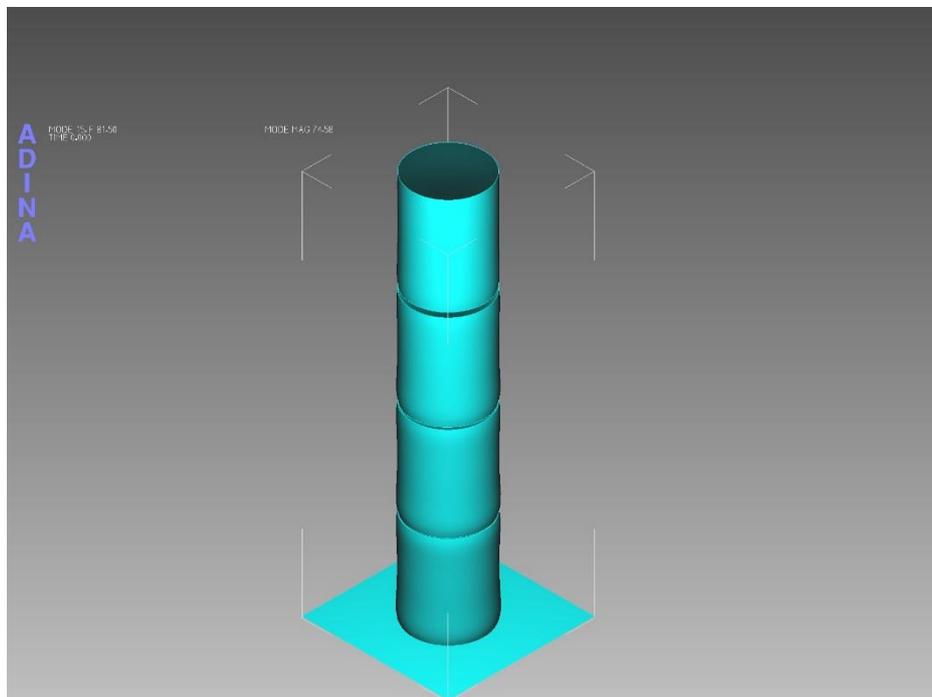


Abbildung 5-35: Stapelkonstellation 02, Eigenform zu Eigenfrequenz 3 ($f=81.5$ Hz)

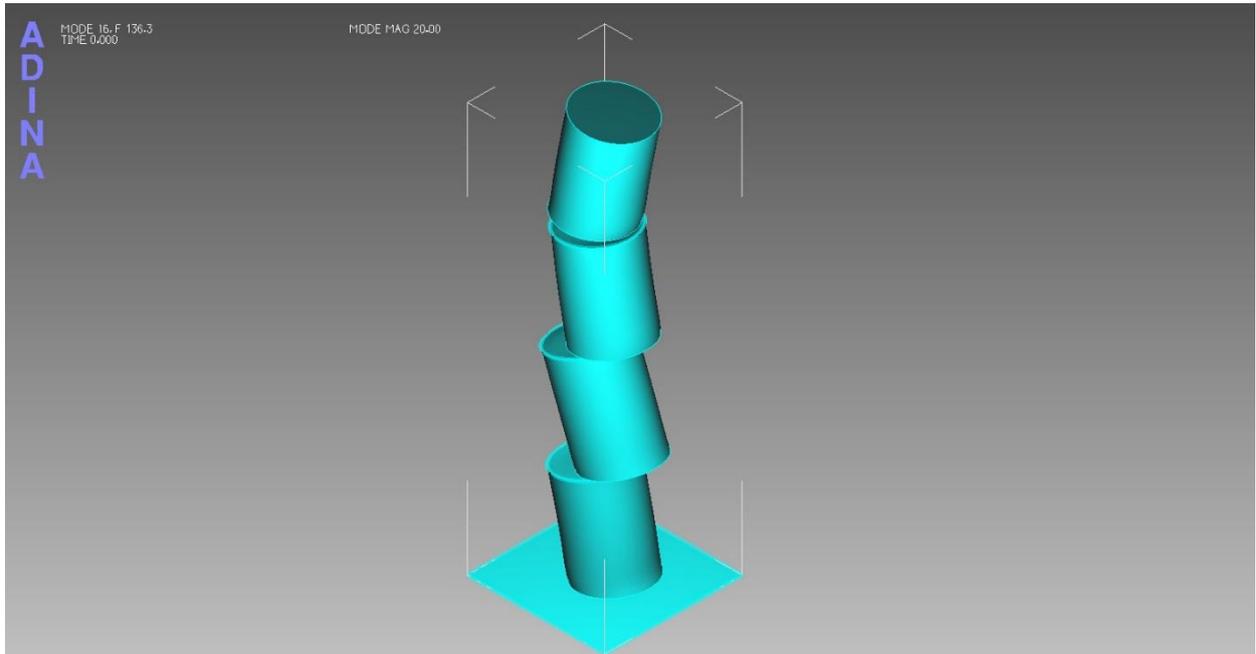


Abbildung 5-36: Stapelkonstellation 02, Eigenform zu Eigenfrequenzen 4 und 5 ($f=136.3$ Hz und $f = 136.9$ Hz)

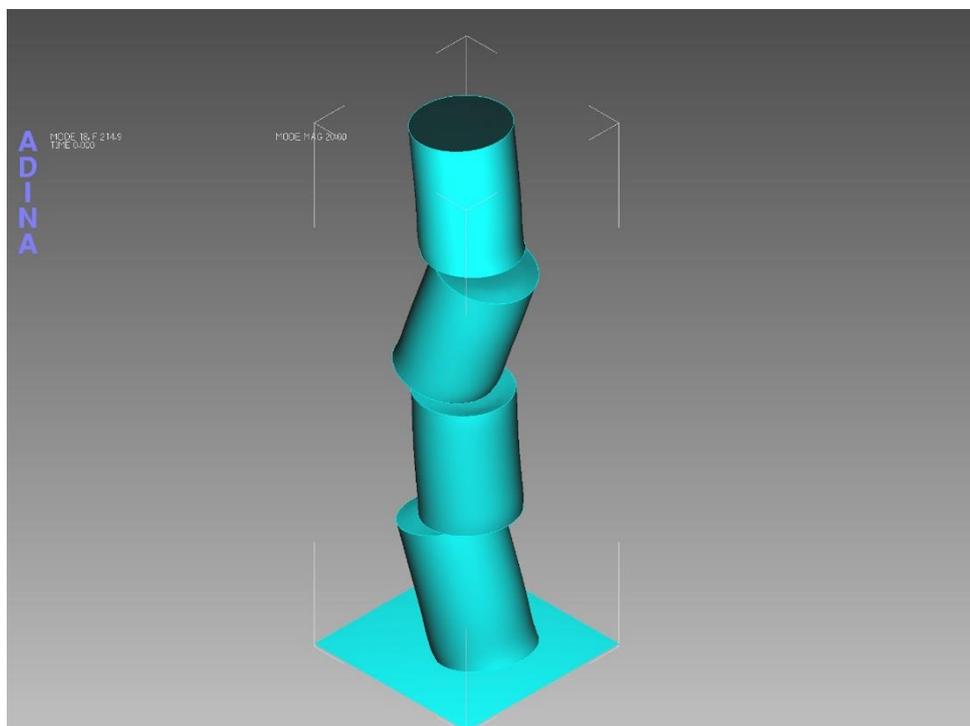


Abbildung 5-37: Stapelkonstellation 02, Eigenform zu Eigenfrequenzen 6 und 7 ($f=214.9$ Hz und $f = 215.8$ Hz)

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553
GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Seite: 73d

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

5.4 Ergebnisse EDW

5.4.1 Verschiebungs-Zeitverläufe

Die folgenden Bilder stellen die Verschiebung eines Punktes (Knoten 1147) in der Schwerachse des Behälterstapels im Deckel des obersten Behälters als Zeitverläufe dar. Der Punkt ist in der Abbildung 5-38 markiert.

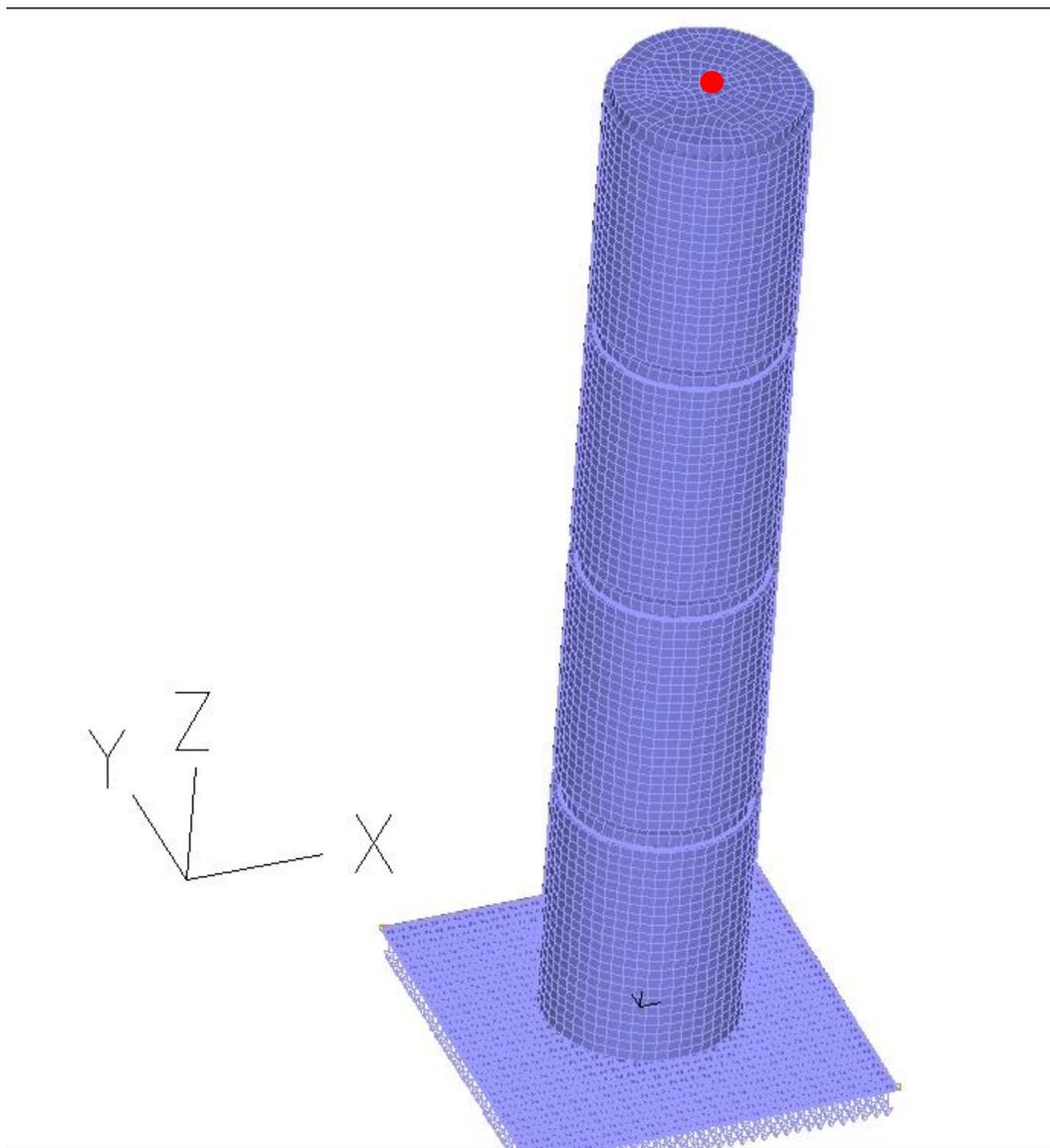


Abbildung 5-38: Knotenpunkt zur Auswertung der Verschiebungen

5.4.2 EDW: Verschiebungen Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t

5.4.2.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

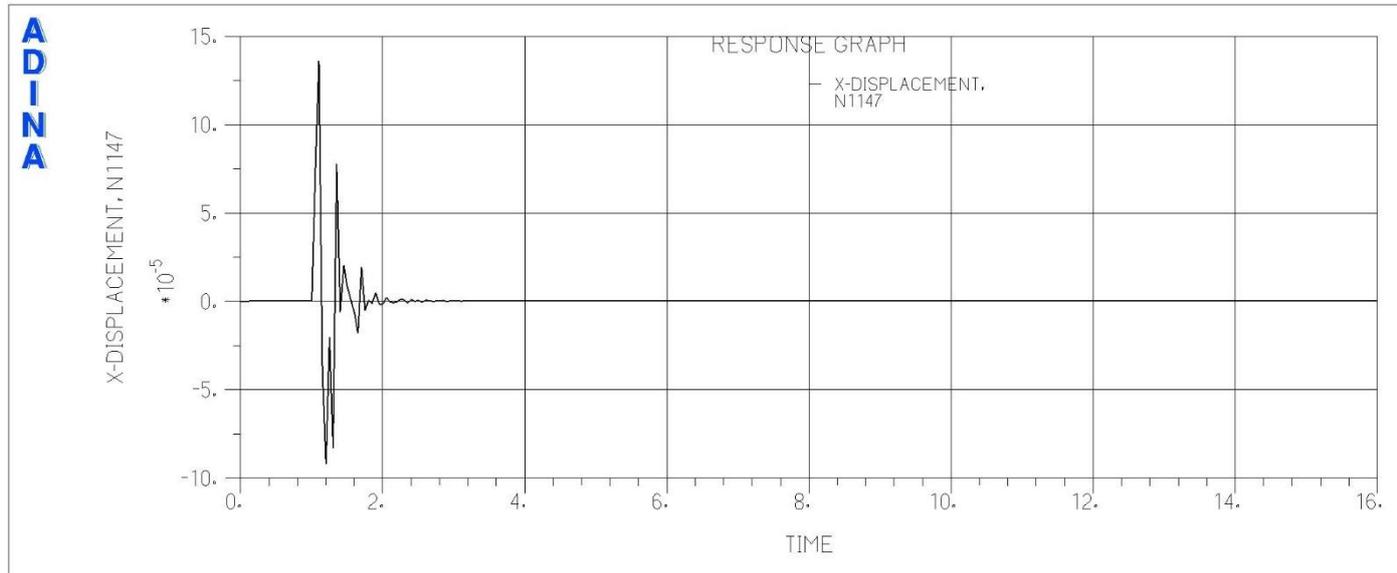


Abbildung 5-39: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

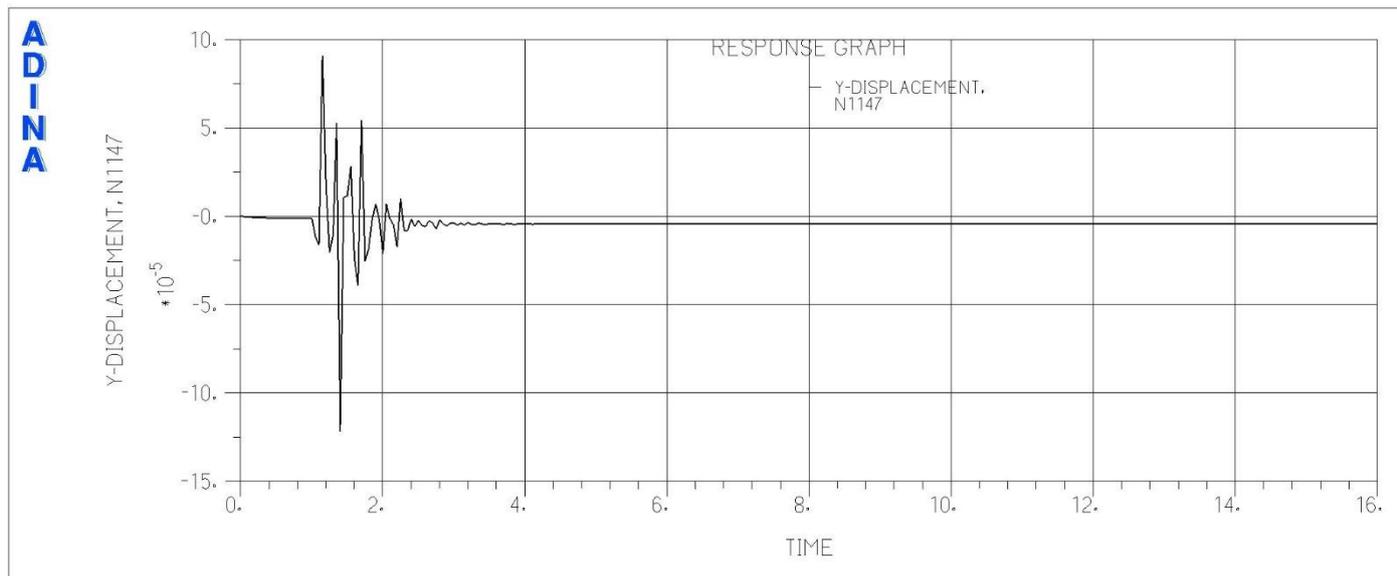


Abbildung 5-40: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

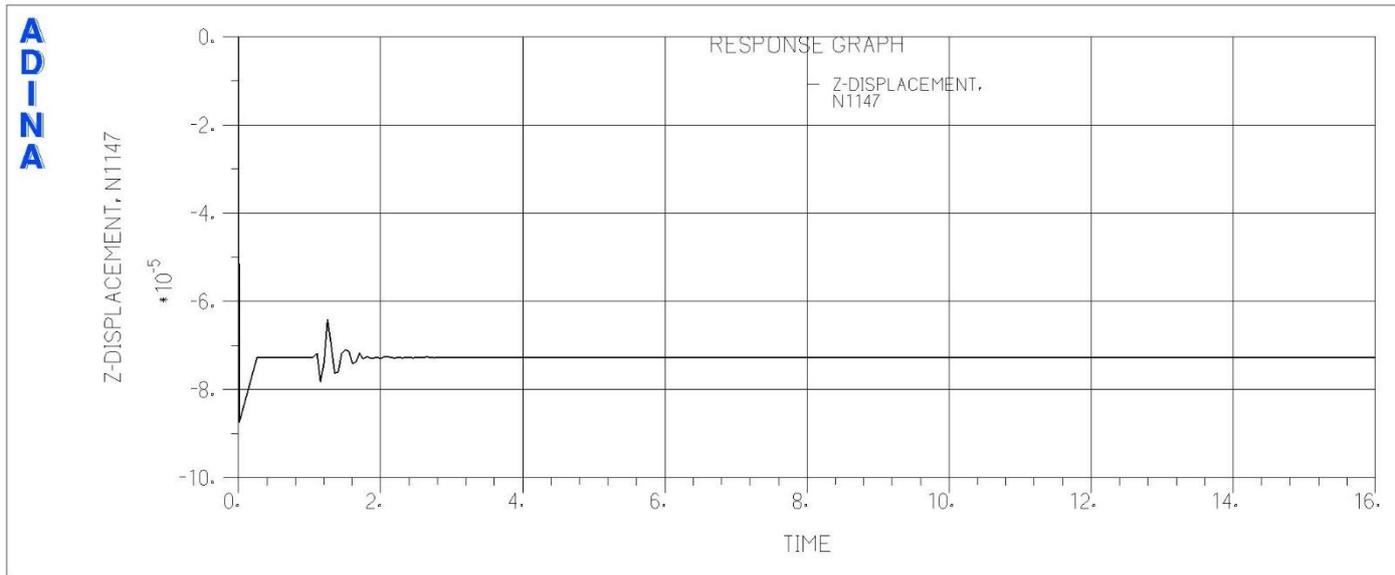


Abbildung 5-41: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

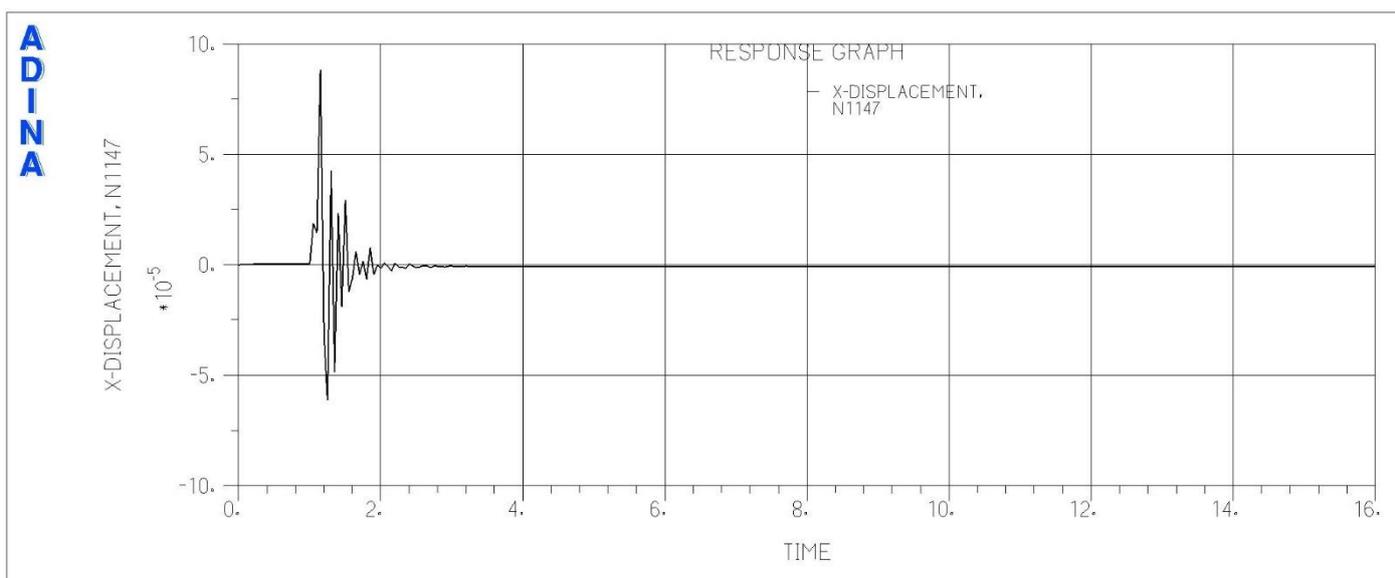


Abbildung 5-42: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

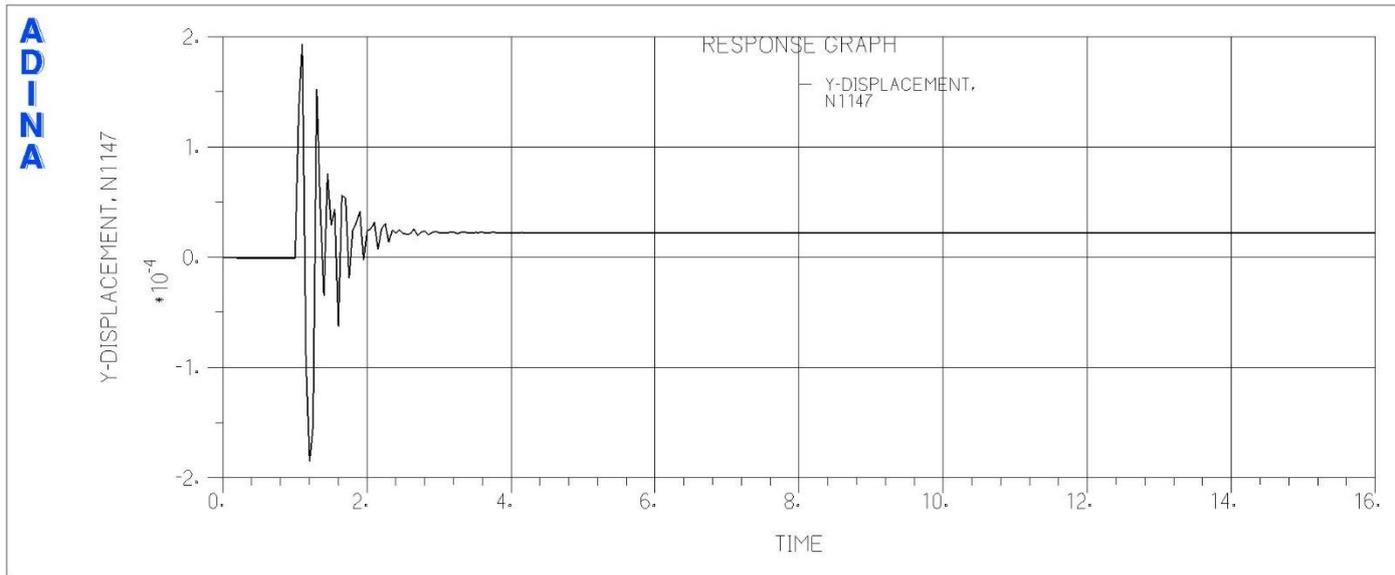


Abbildung 5-43: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

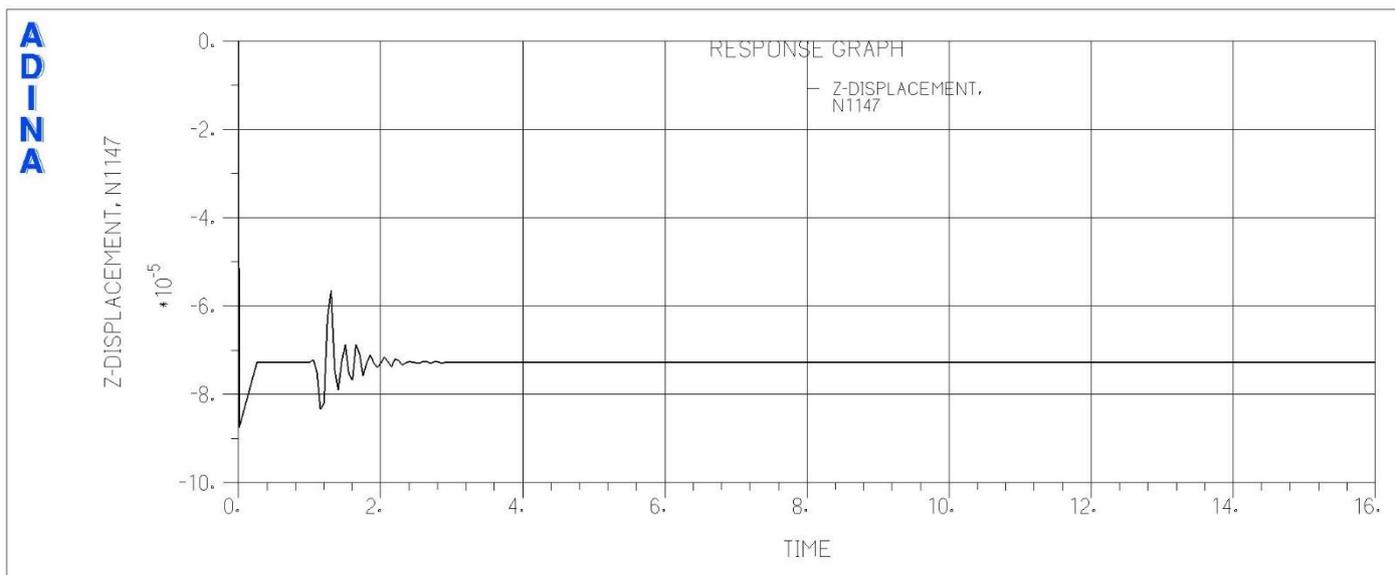


Abbildung 5-44: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

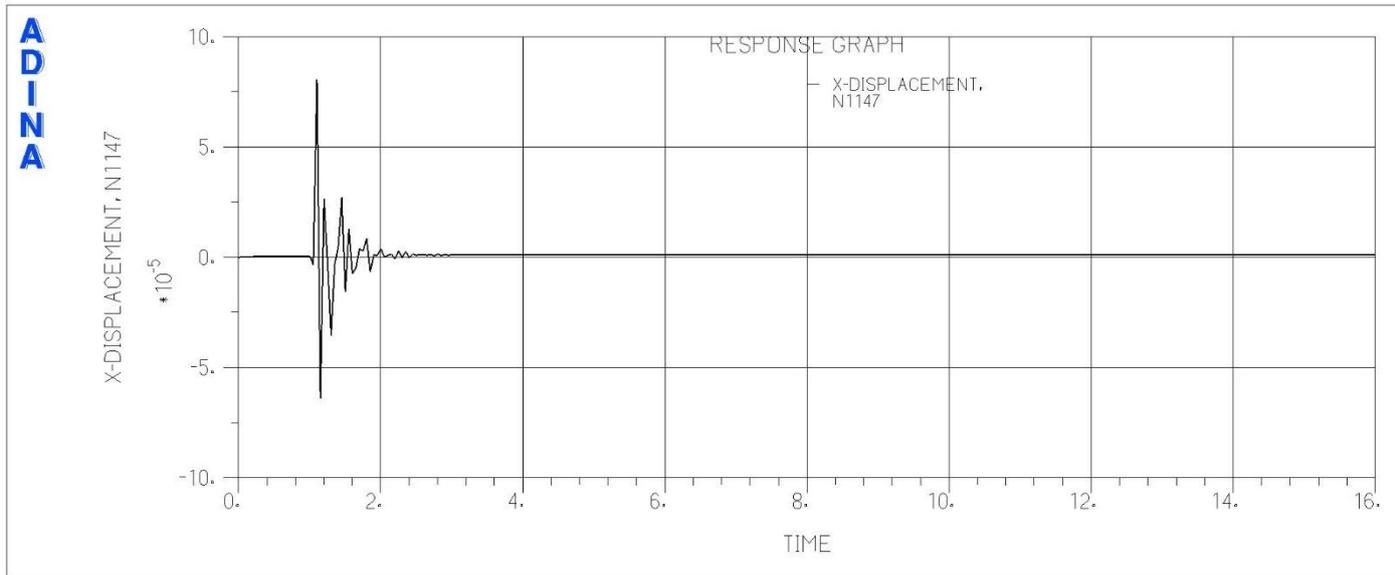


Abbildung 5-45: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

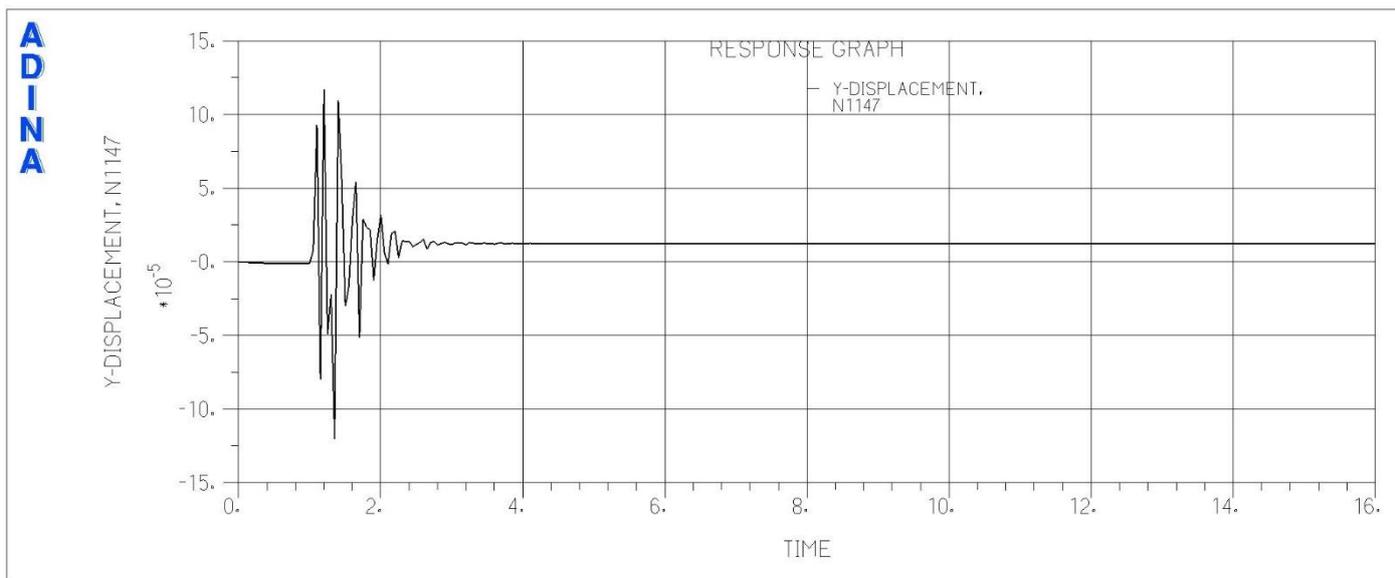


Abbildung 5-46: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

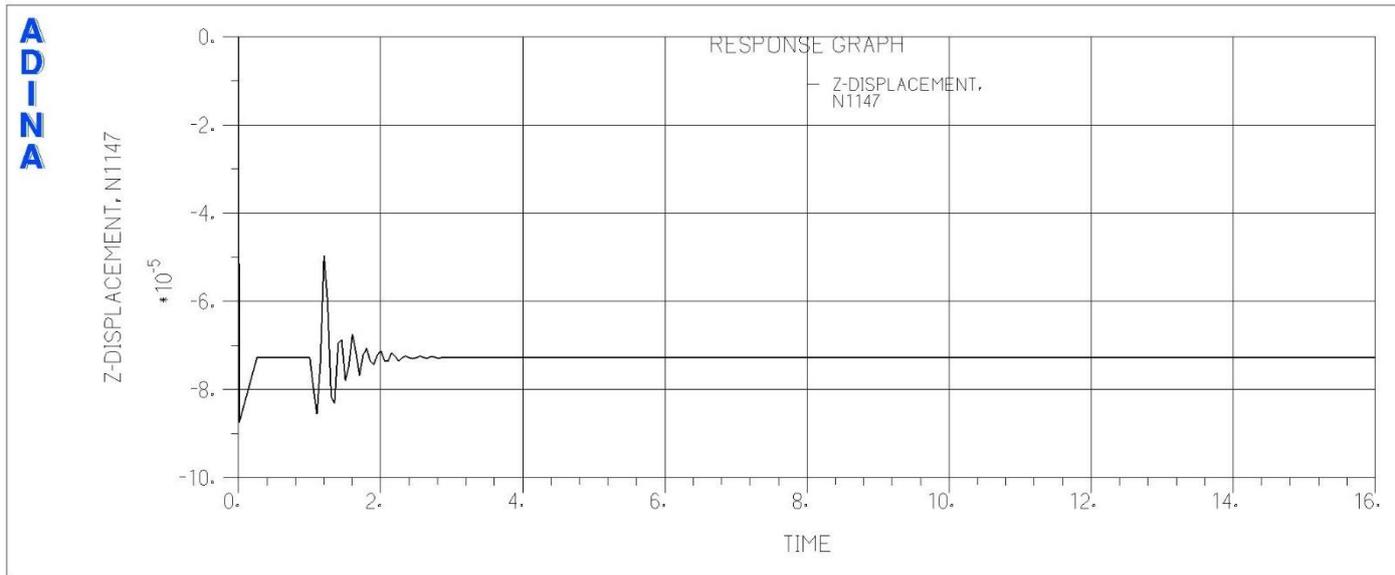


Abbildung 5-47: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

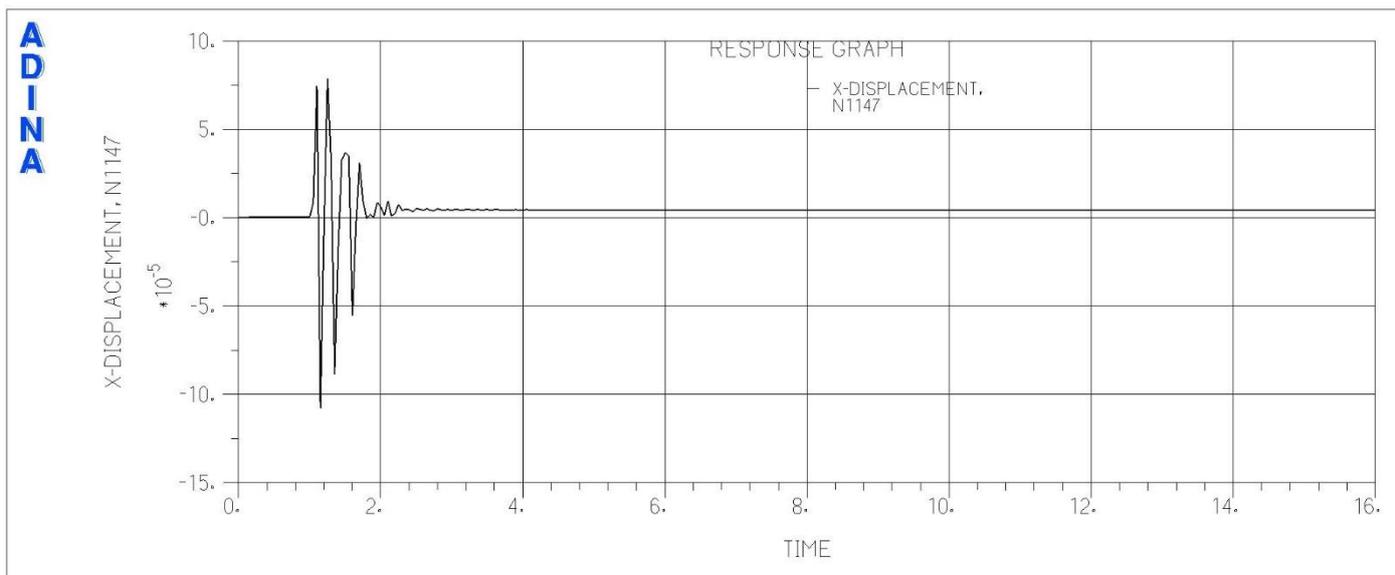


Abbildung 5-48: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

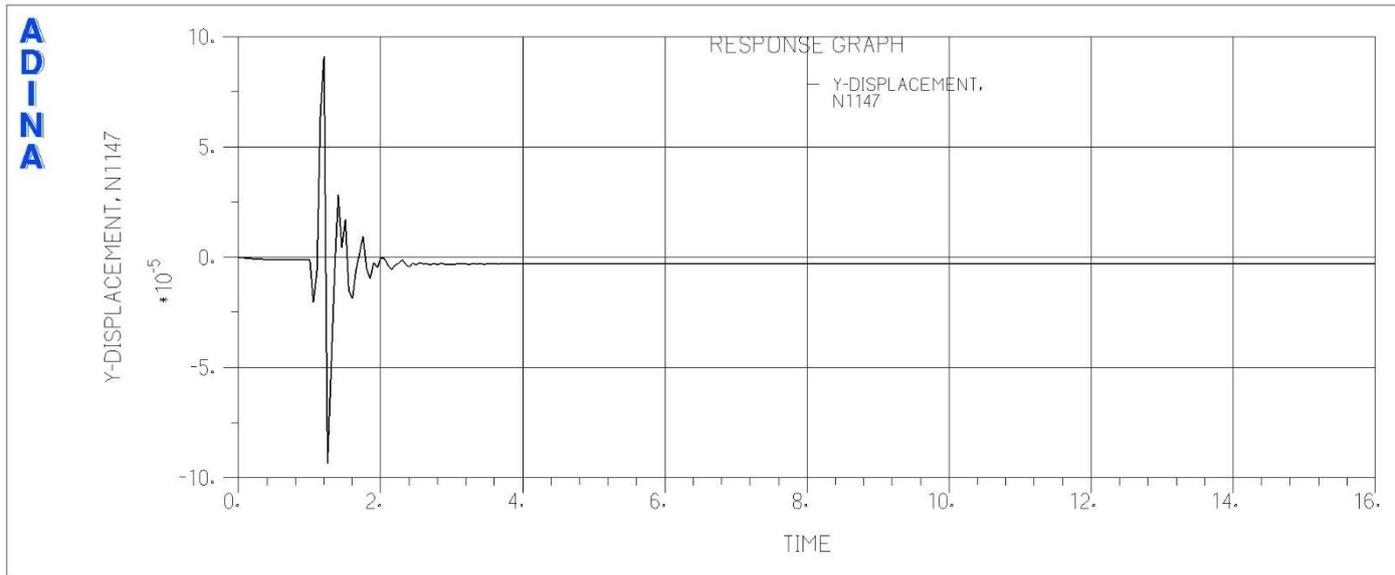


Abbildung 5-49: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

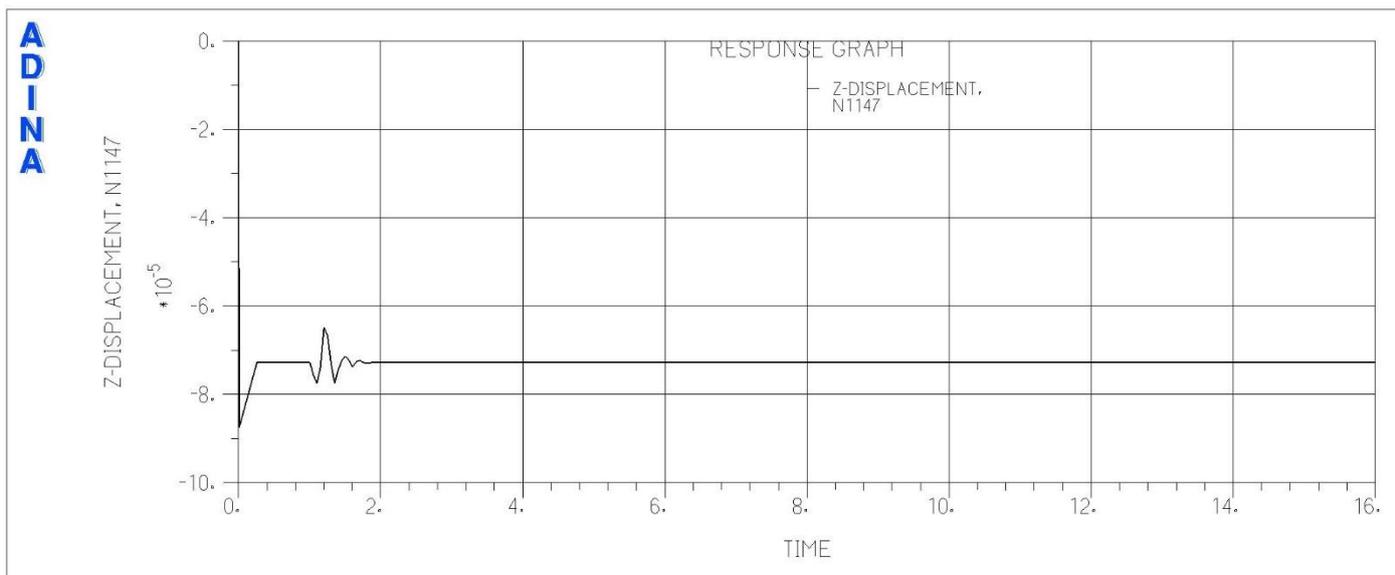


Abbildung 5-50: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

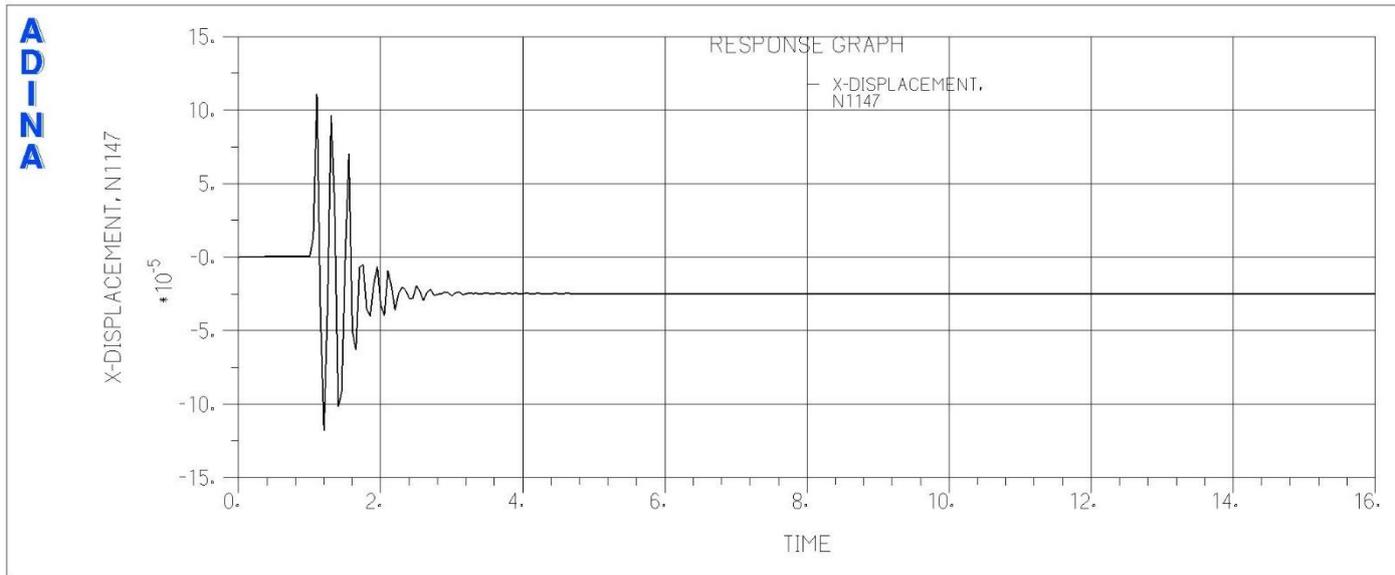


Abbildung 5-51: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

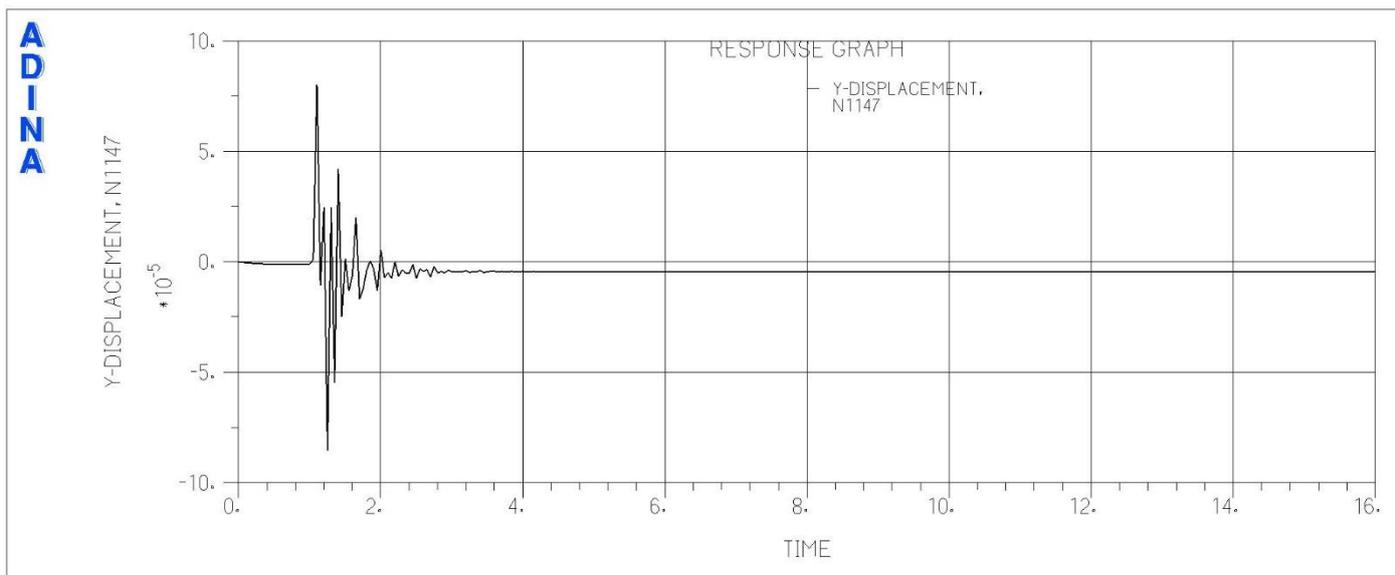


Abbildung 5-52: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

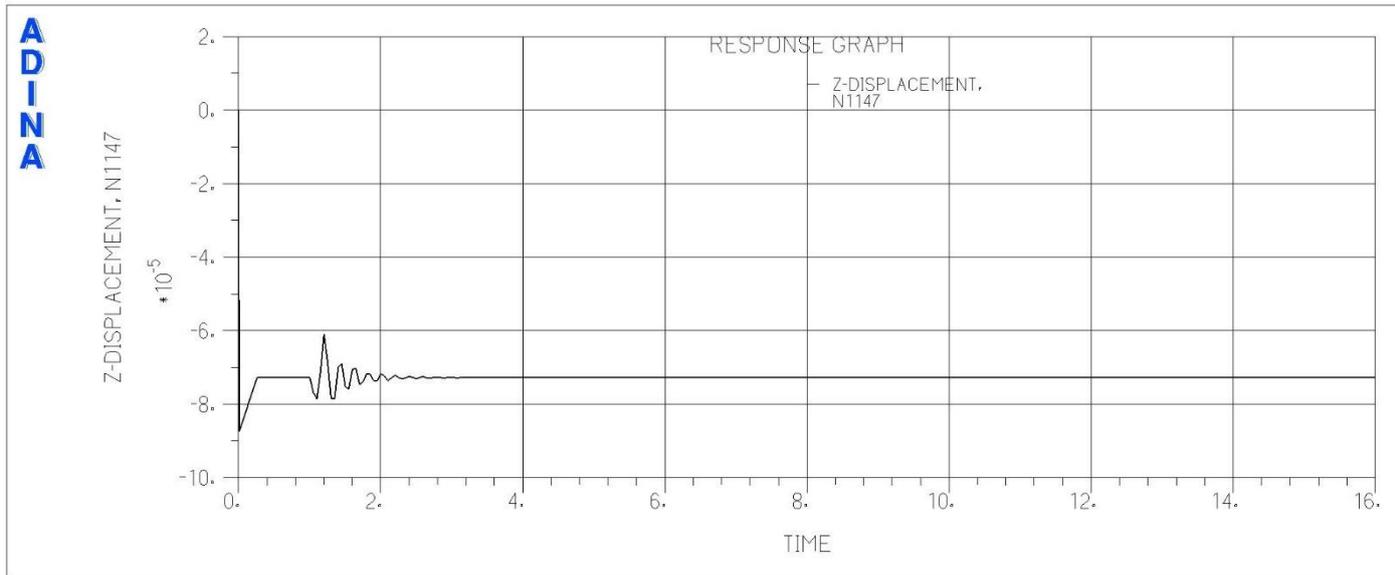


Abbildung 5-53: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

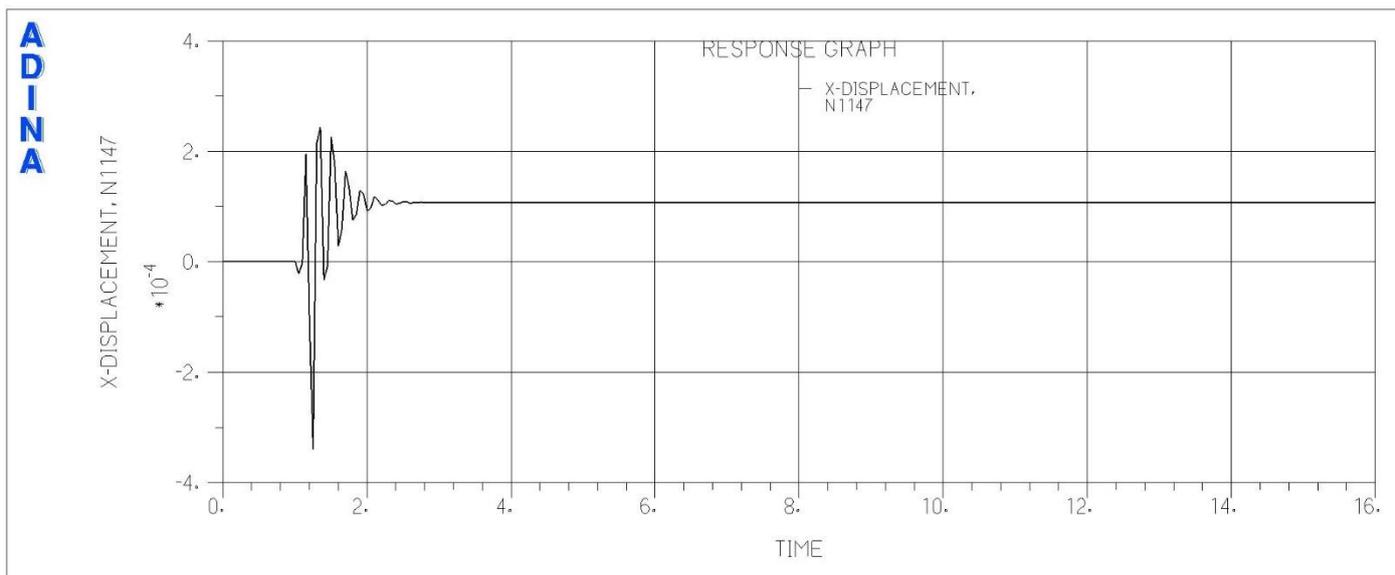


Abbildung 5-54: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

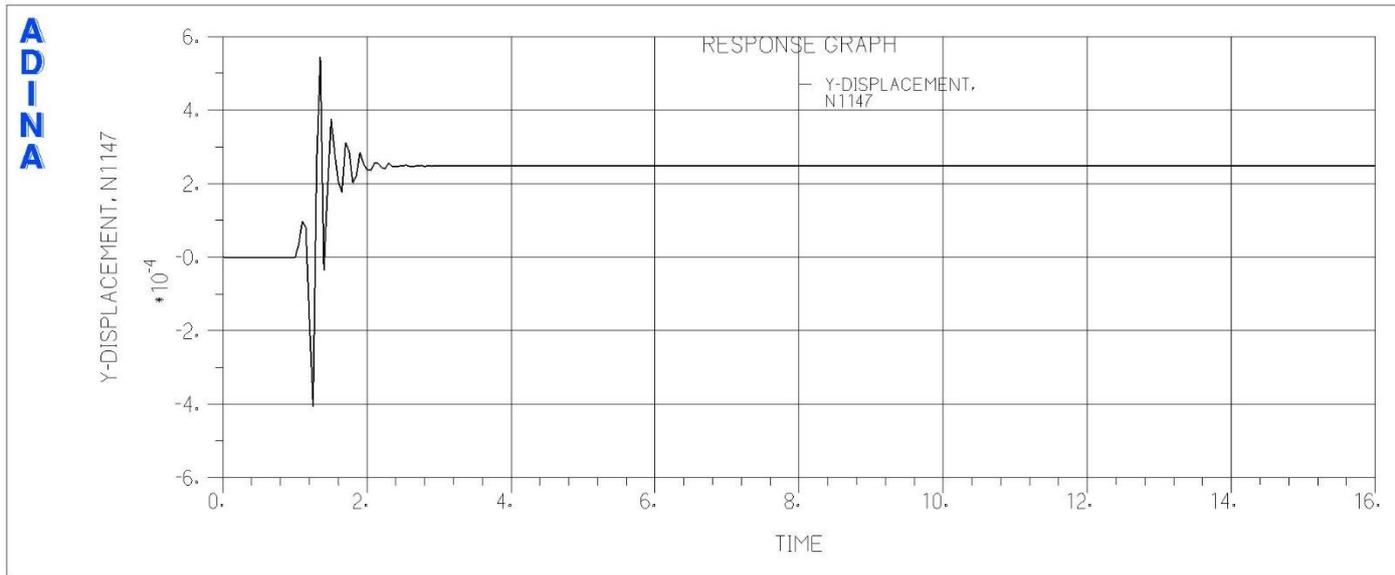


Abbildung 5-55: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

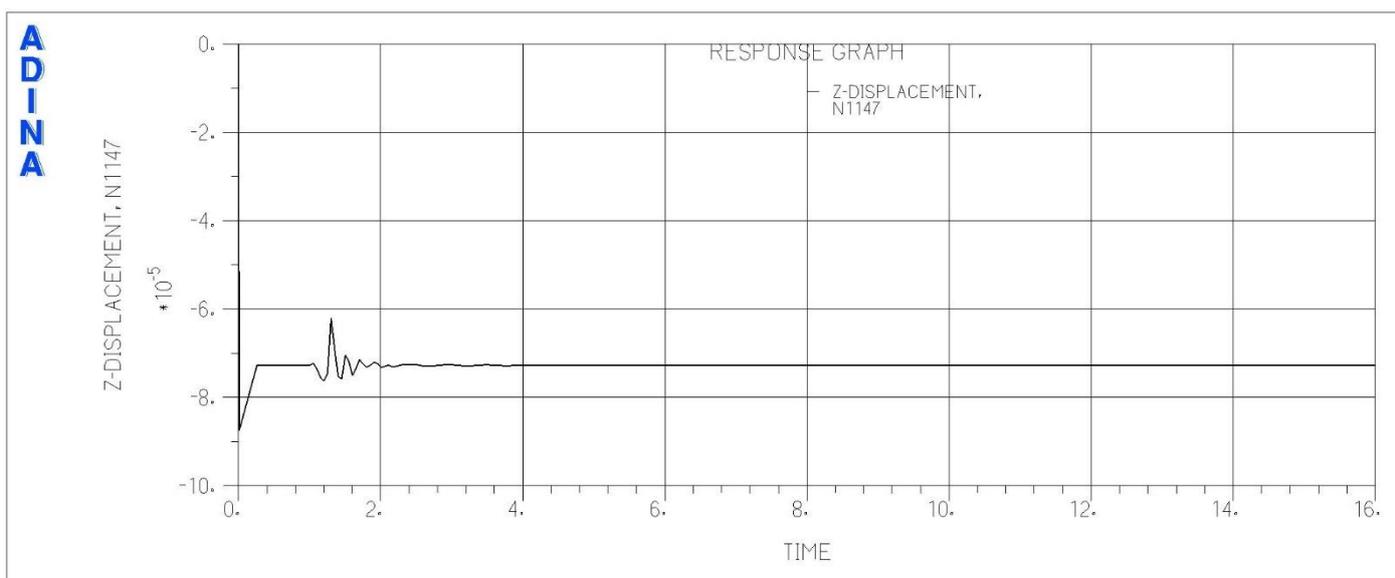


Abbildung 5-56: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

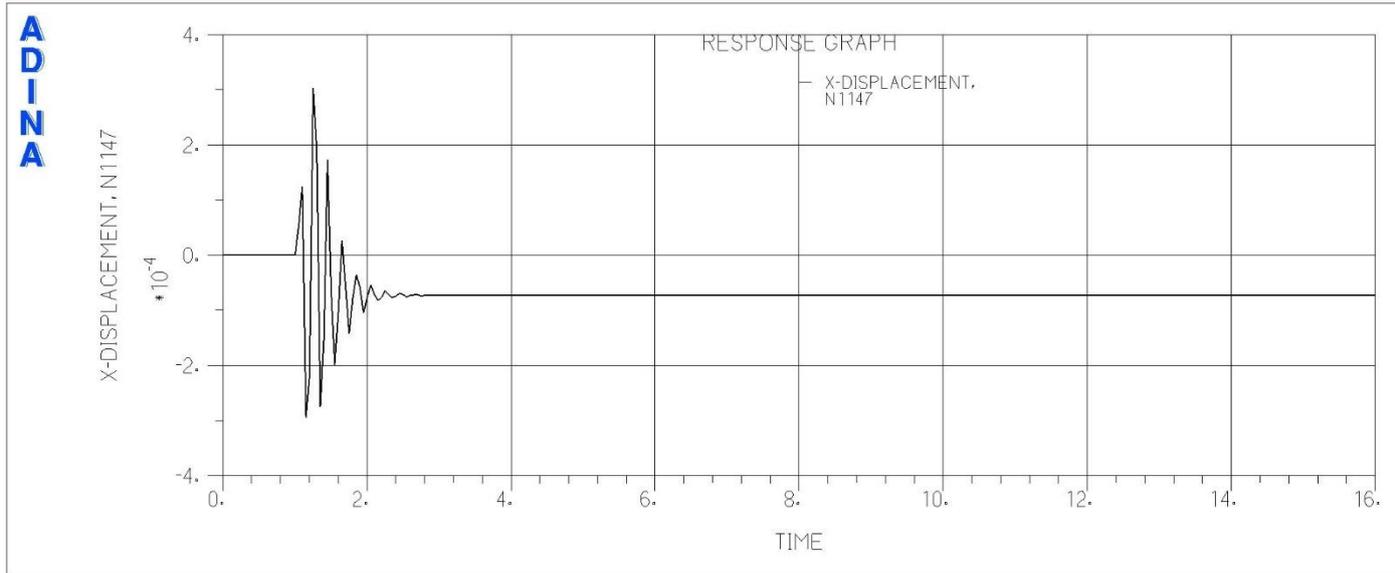


Abbildung 5-57: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

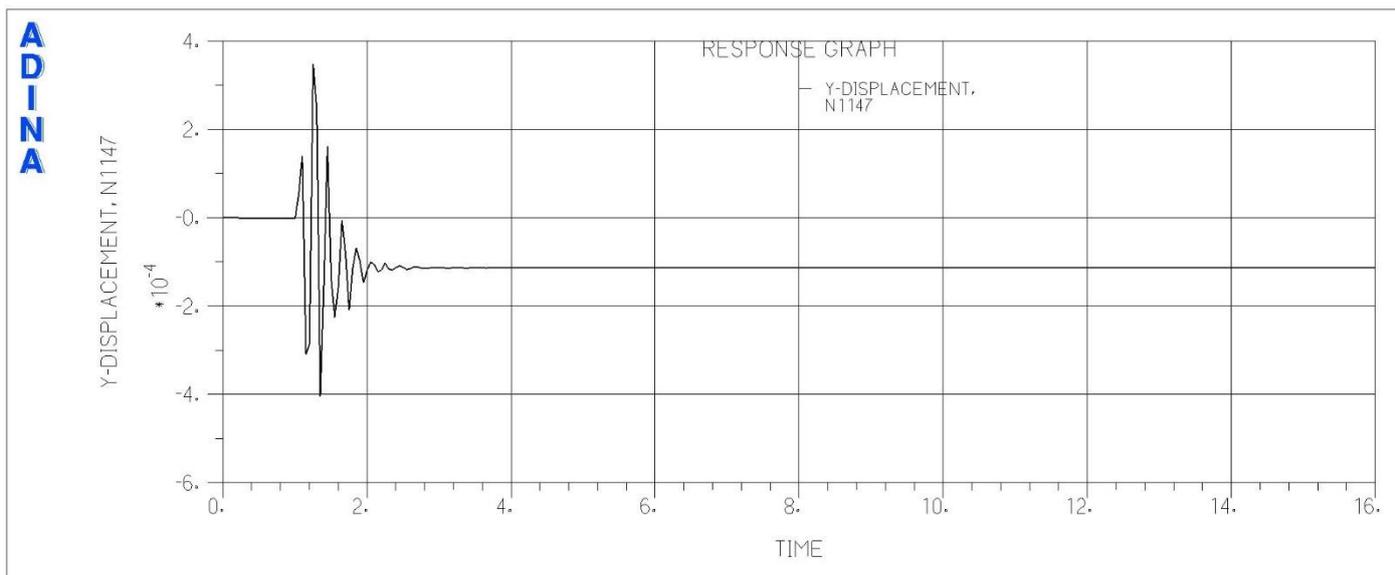


Abbildung 5-58: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

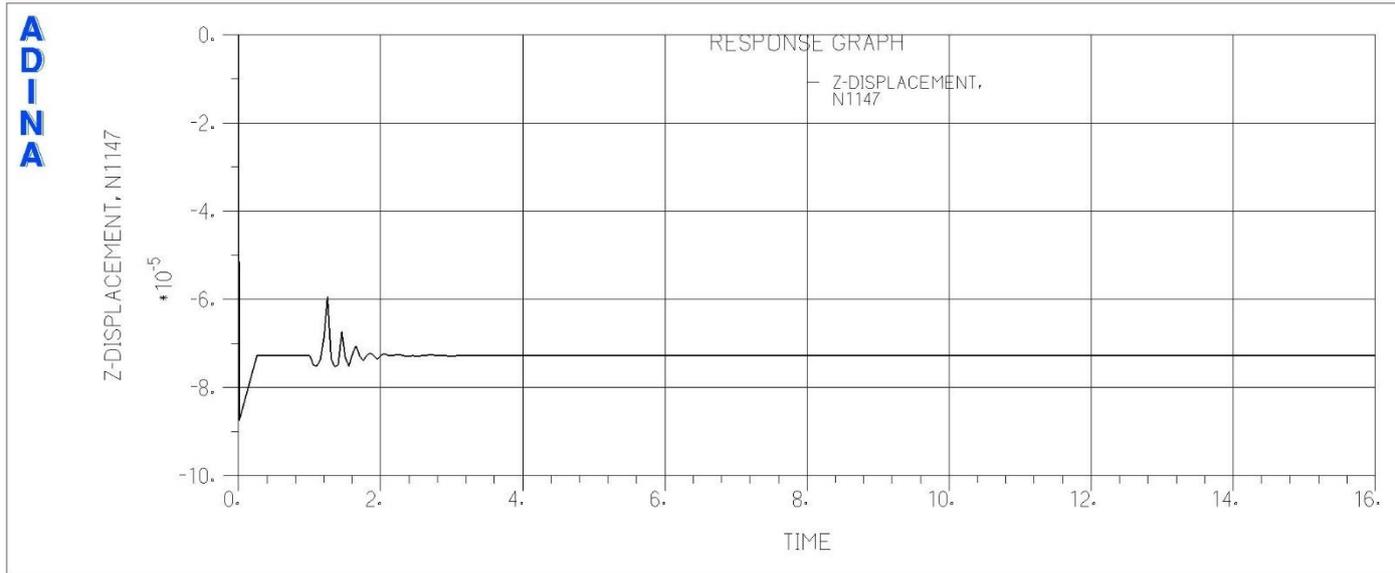


Abbildung 5-59: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit halb1_312

5.4.2.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

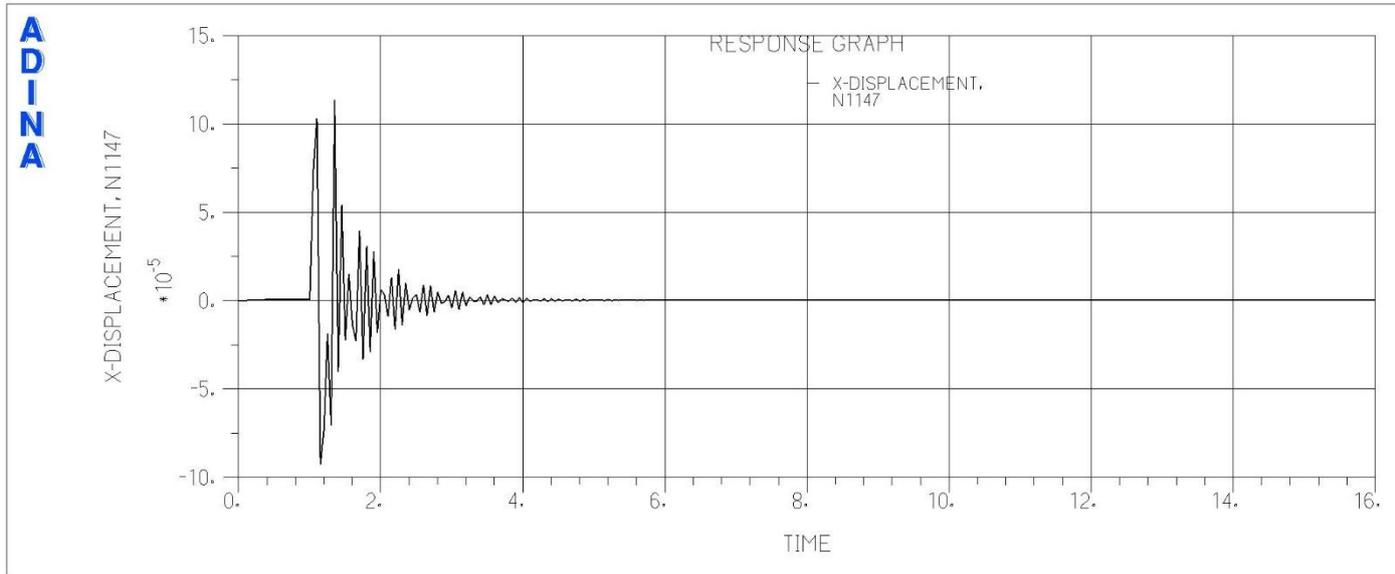


Abbildung 5-60: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

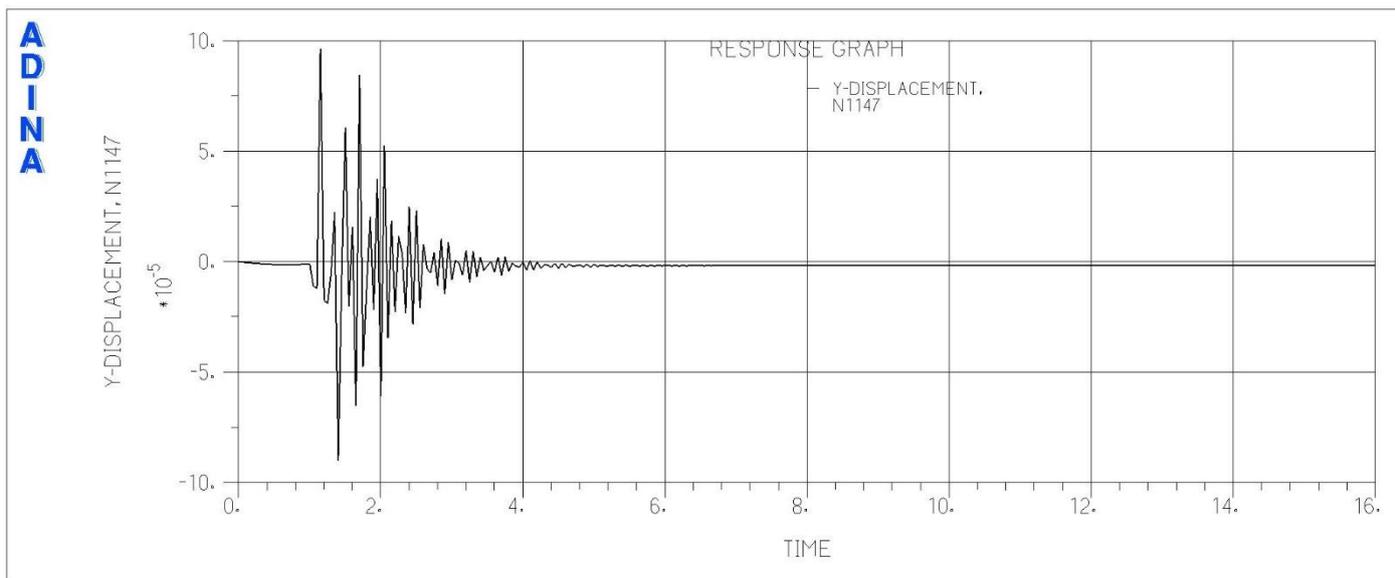


Abbildung 5-61: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

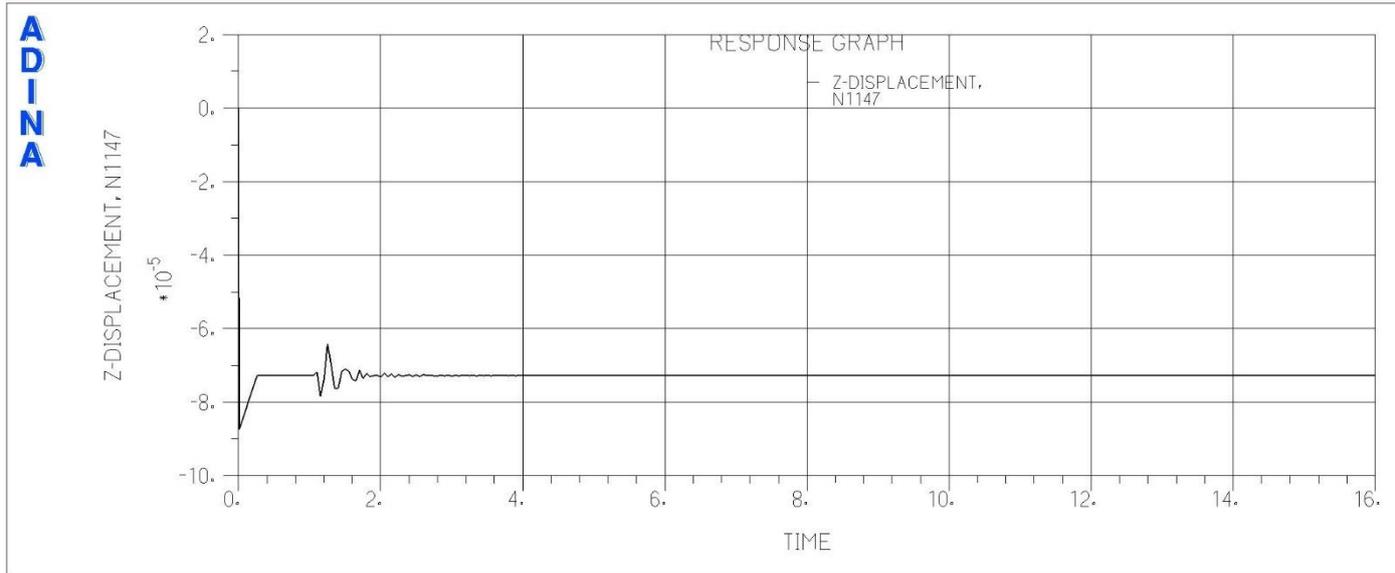


Abbildung 5-62: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

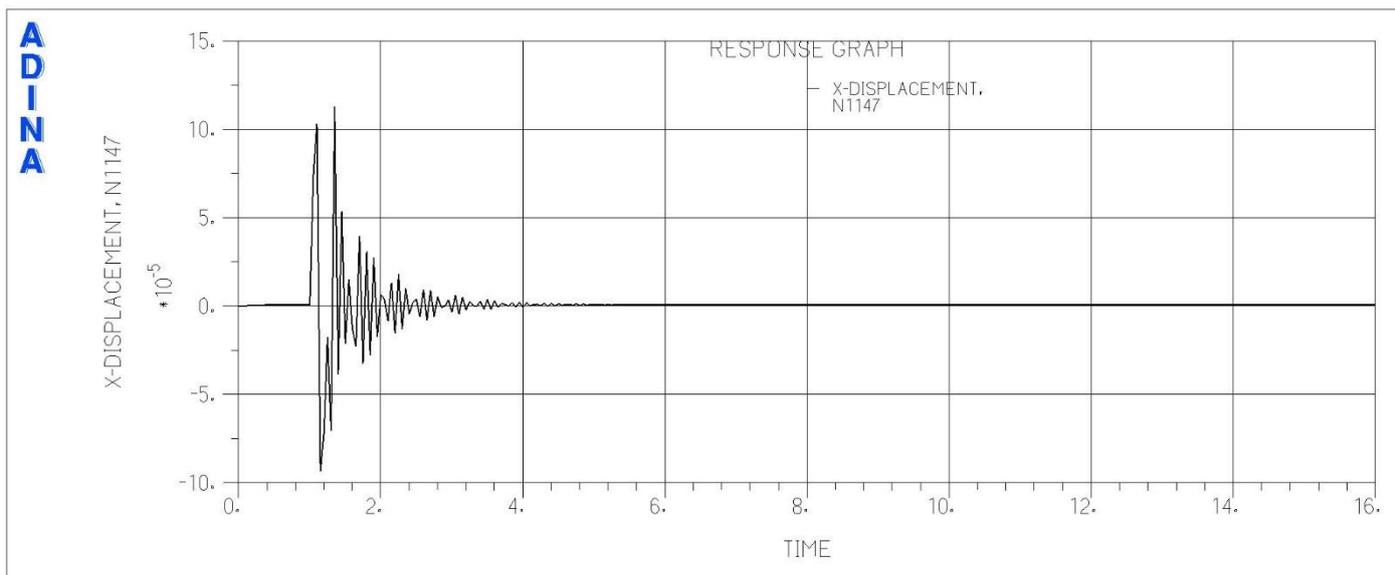


Abbildung 5-63: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

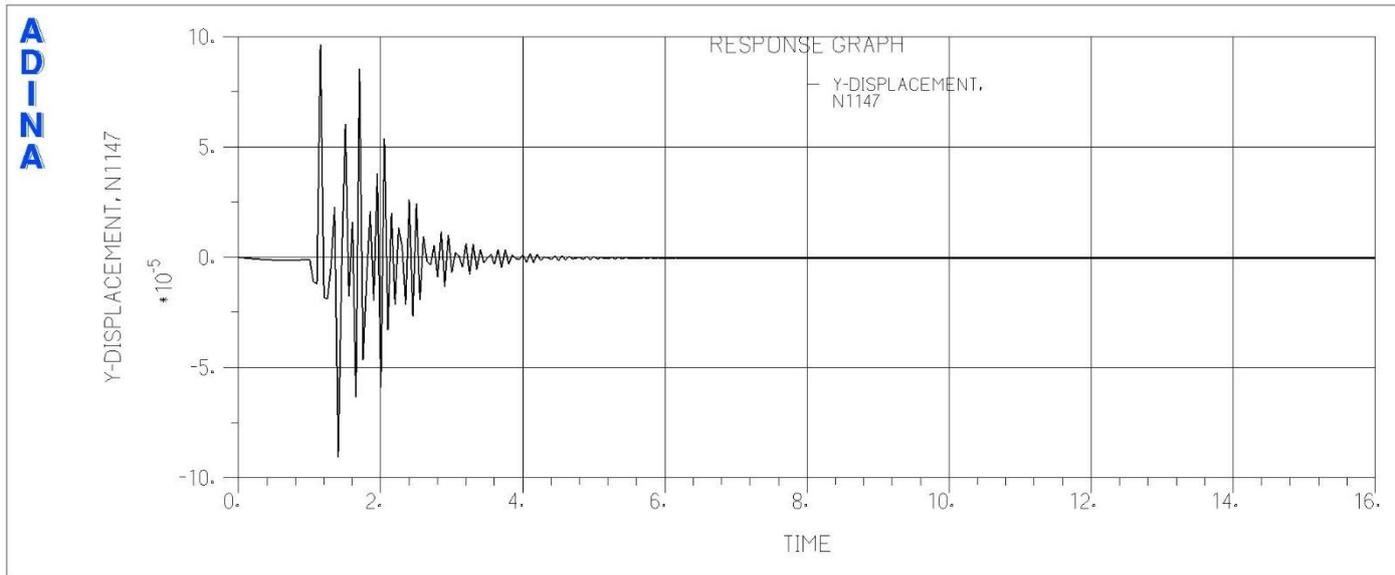


Abbildung 5-64: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

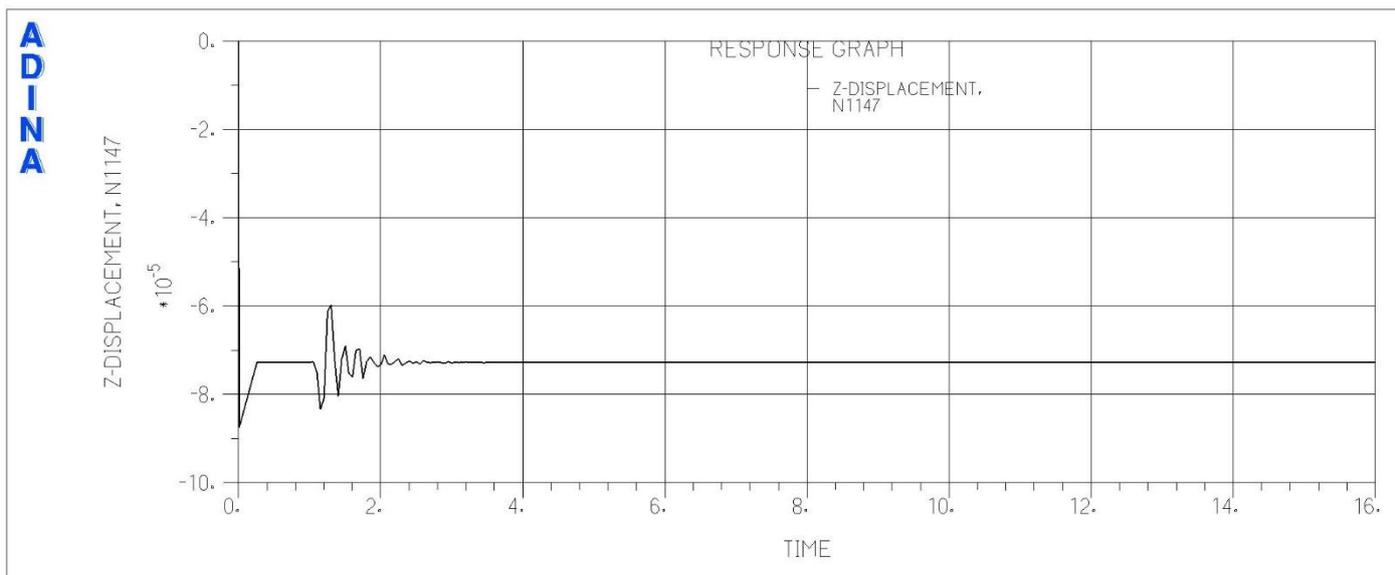


Abbildung 5-65: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

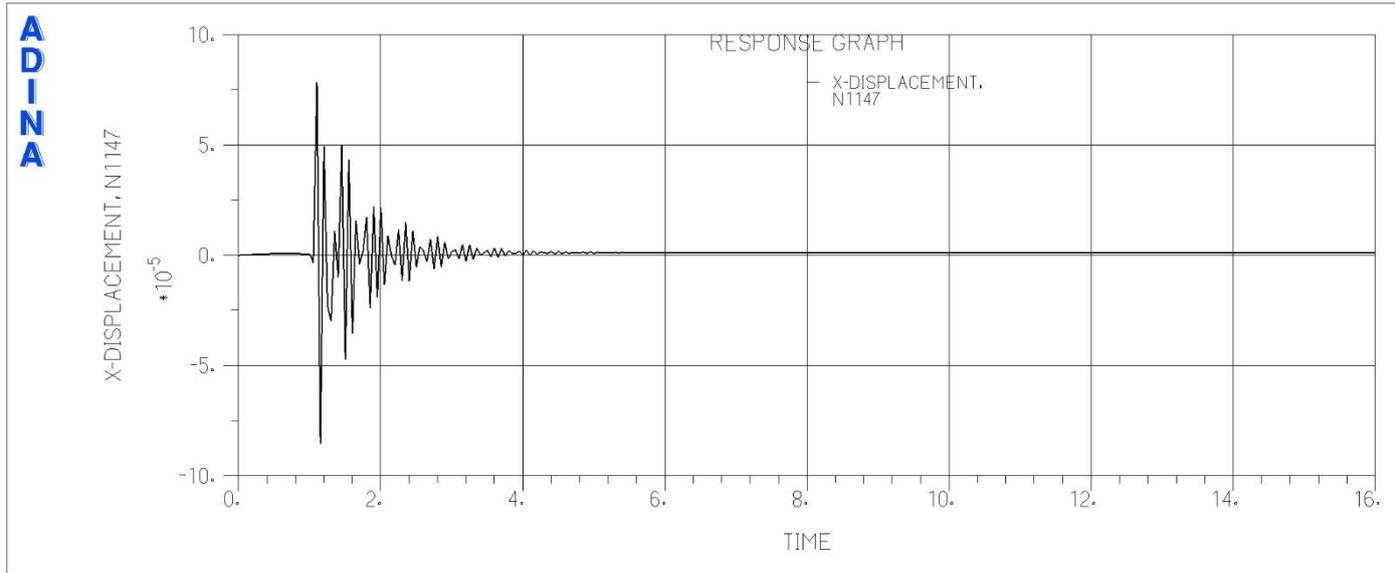


Abbildung 5-66: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

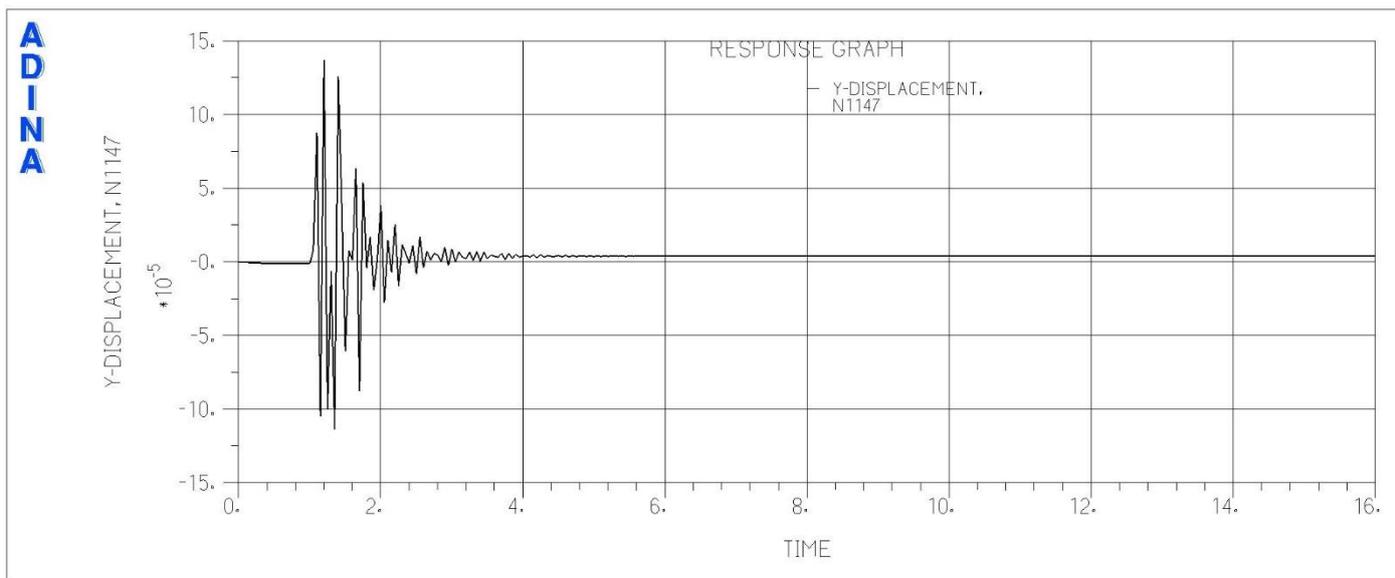


Abbildung 5-67: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

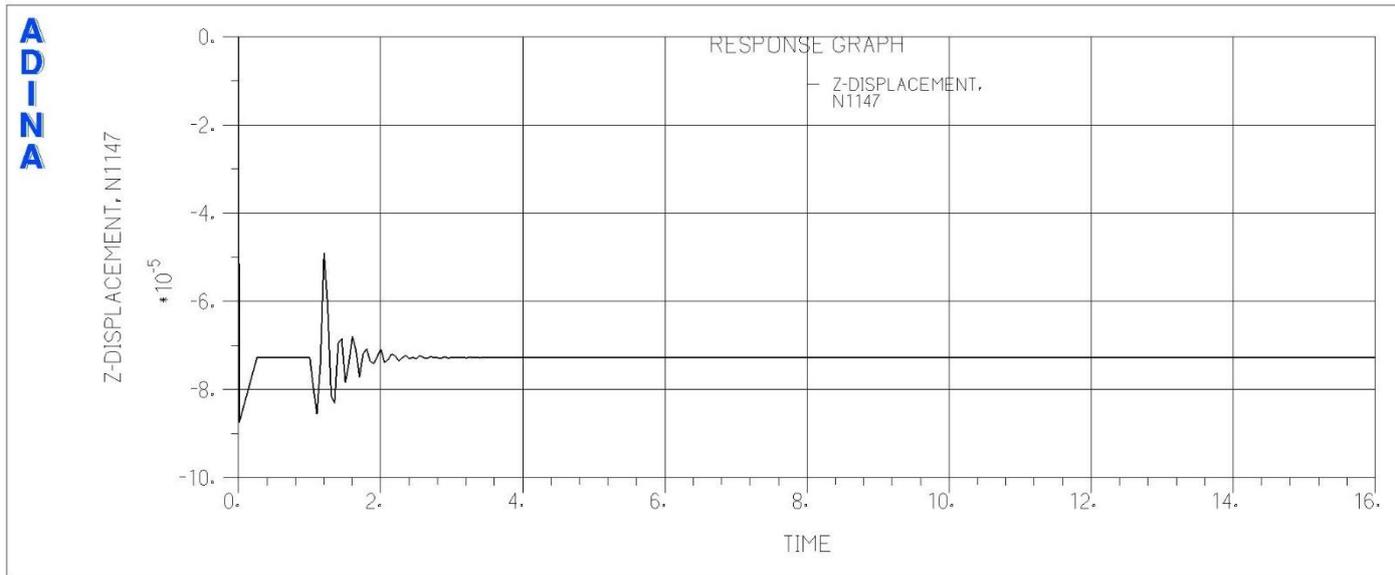


Abbildung 5-68: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

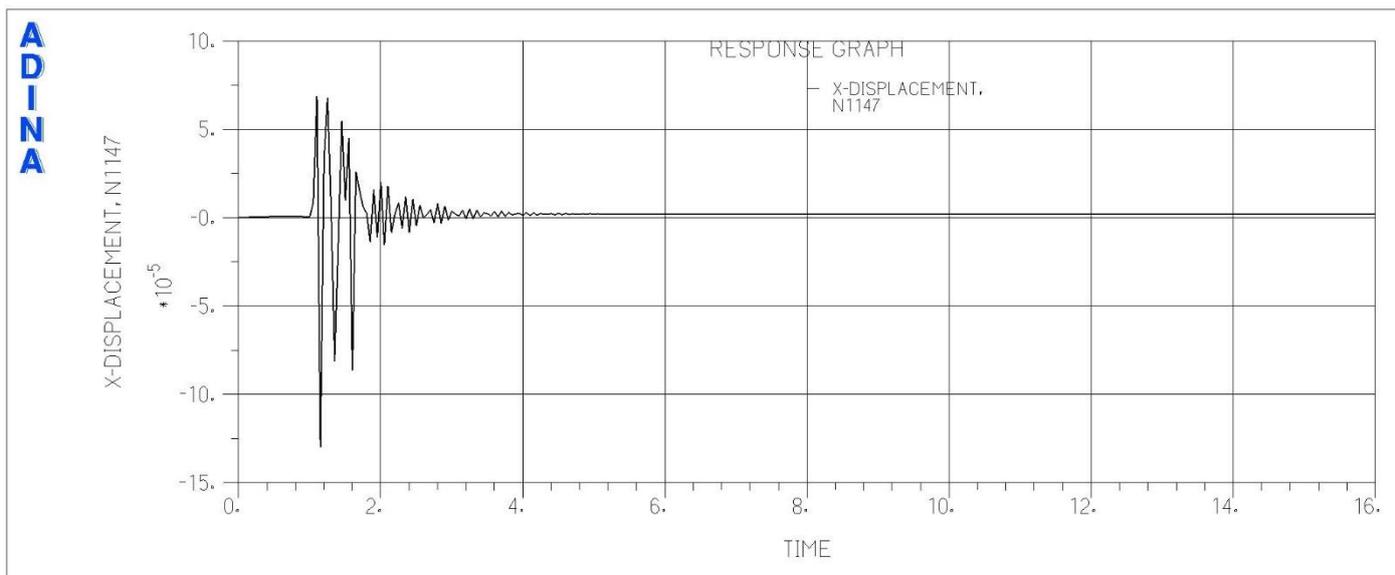


Abbildung 5-69: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

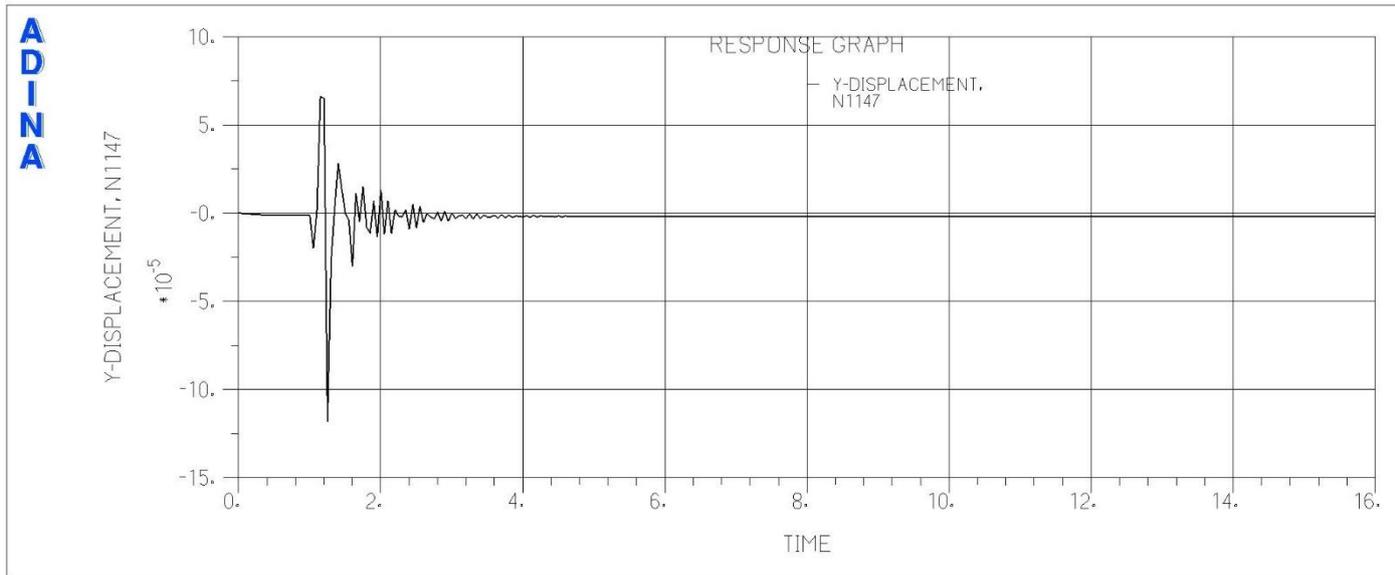


Abbildung 5-70: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

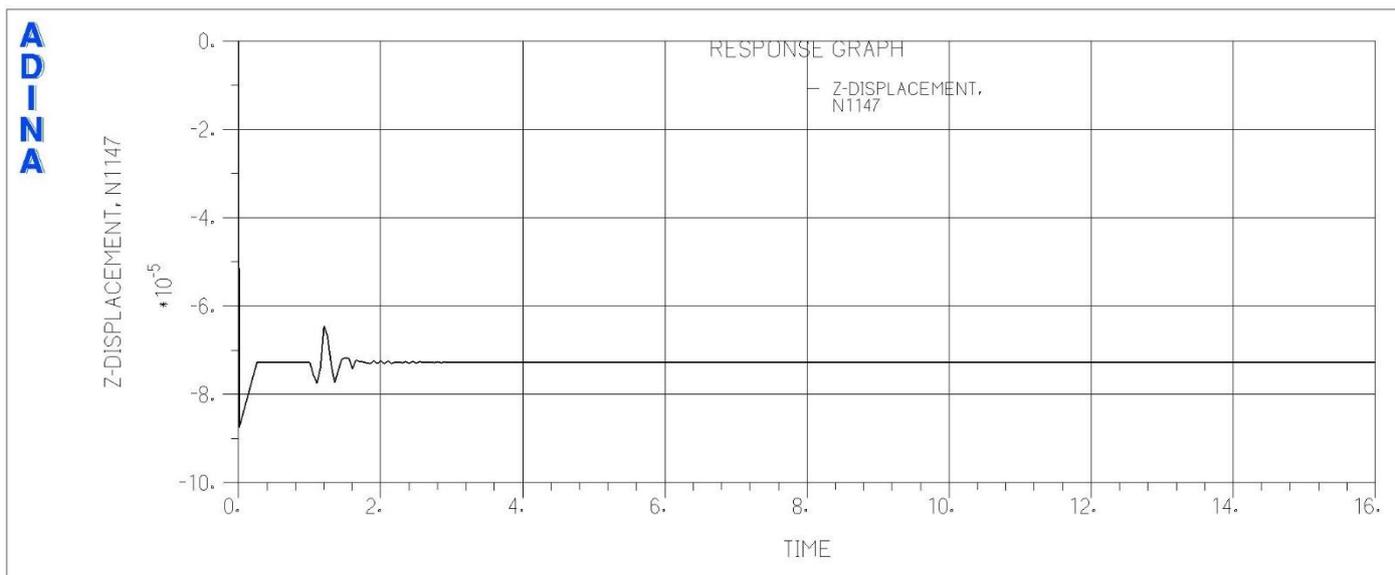


Abbildung 5-71: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

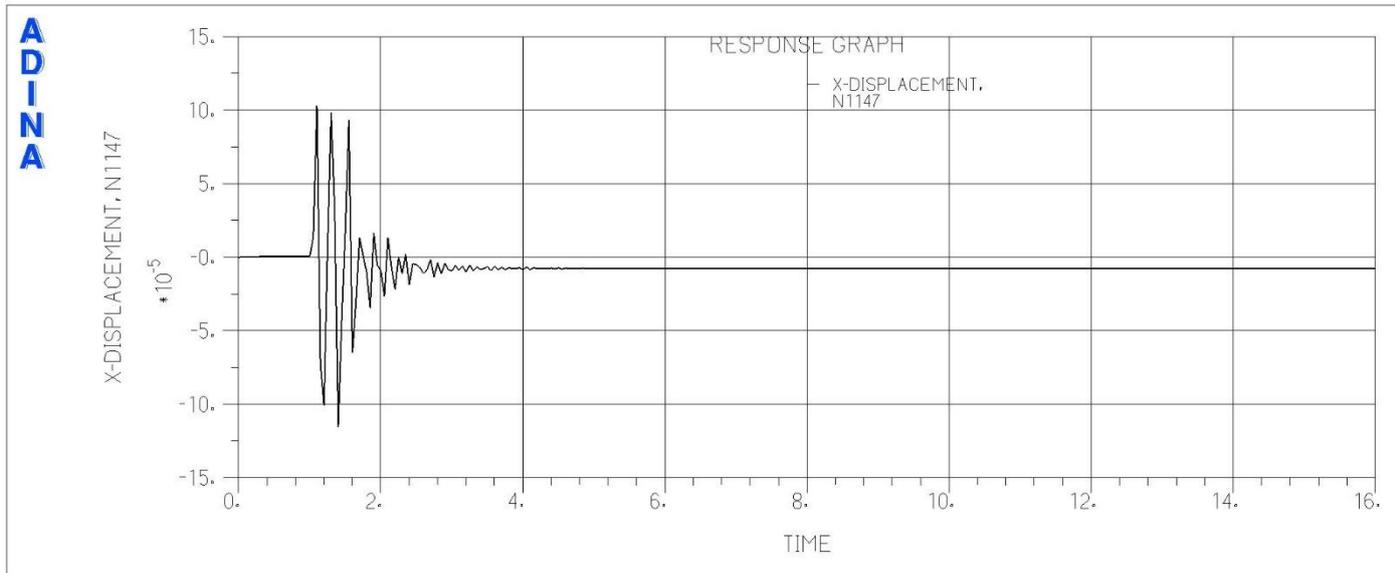


Abbildung 5-72: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

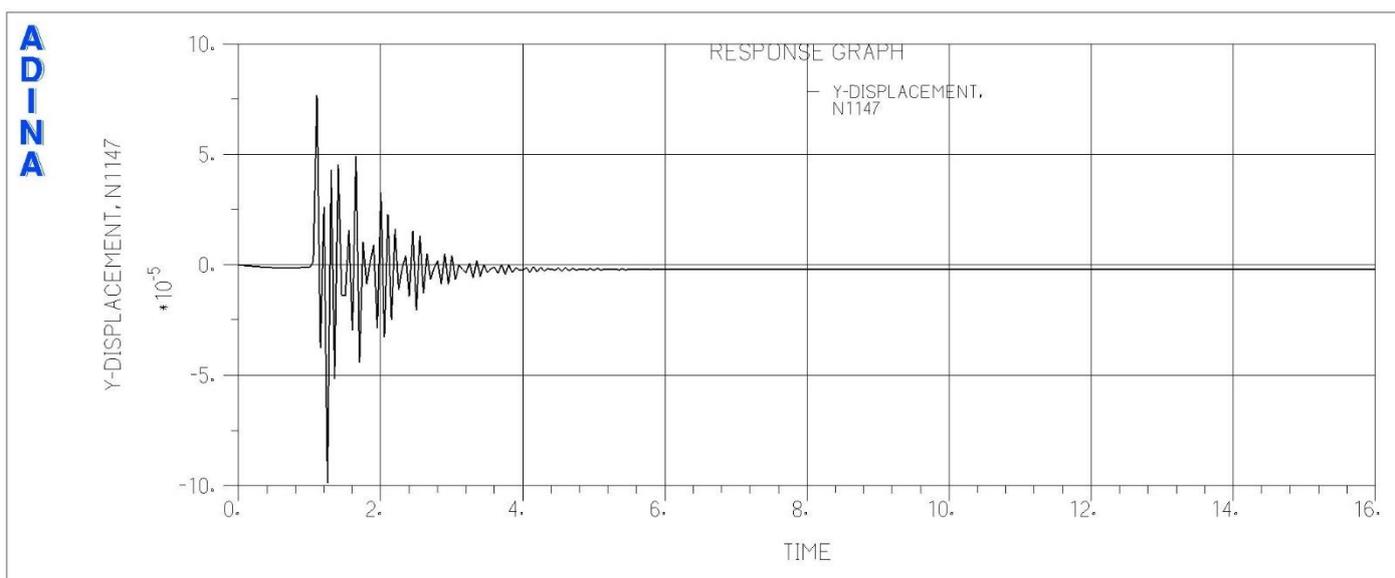


Abbildung 5-73: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

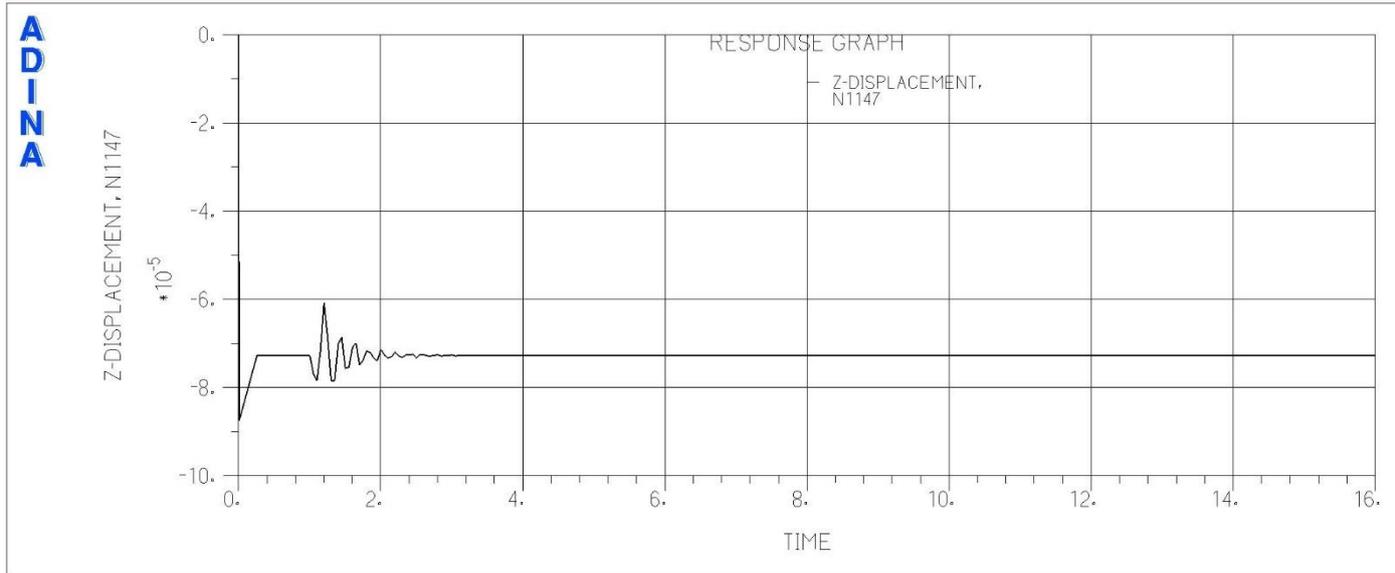


Abbildung 5-74: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

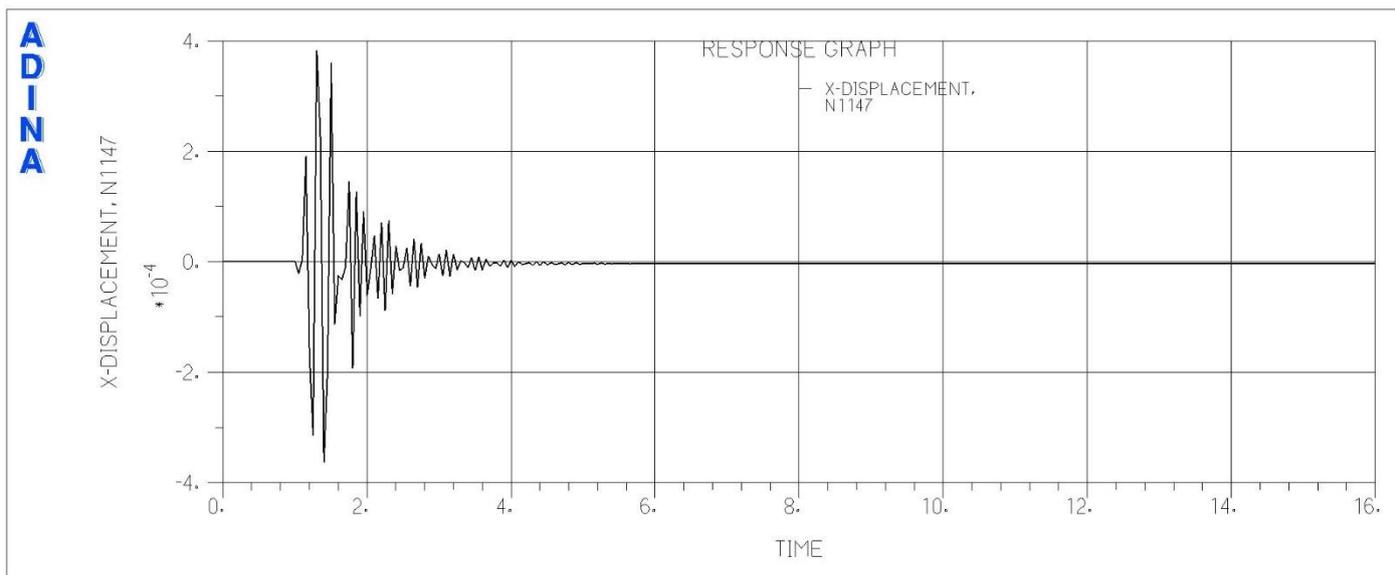


Abbildung 5-75: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

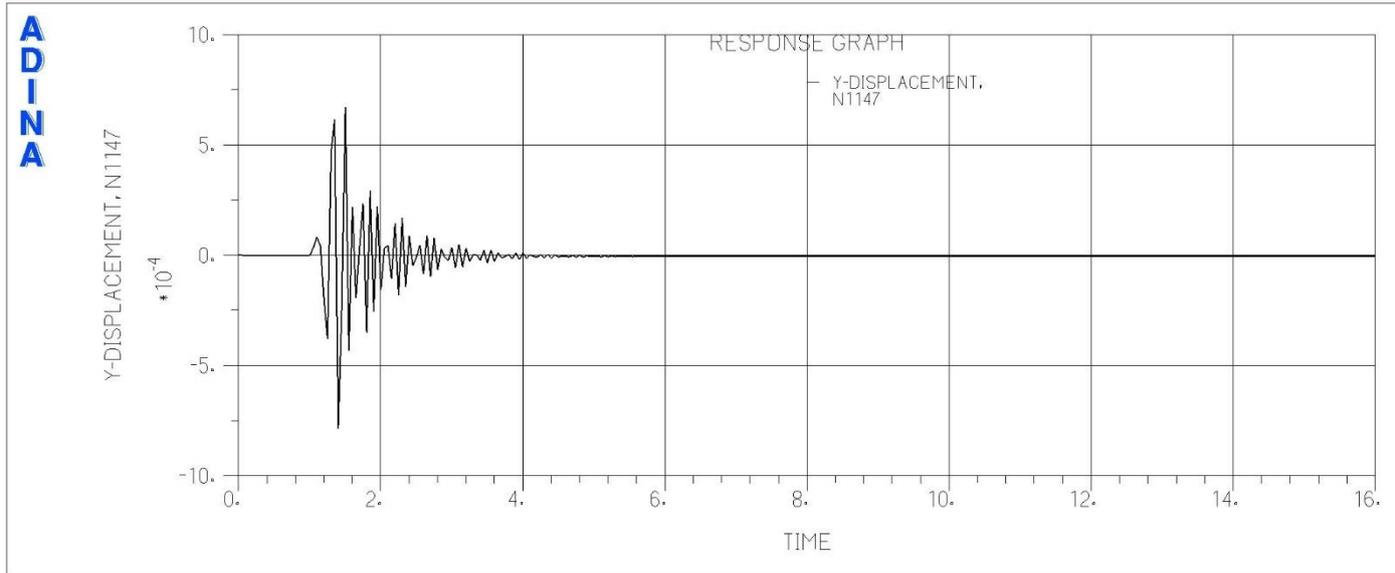


Abbildung 5-76: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

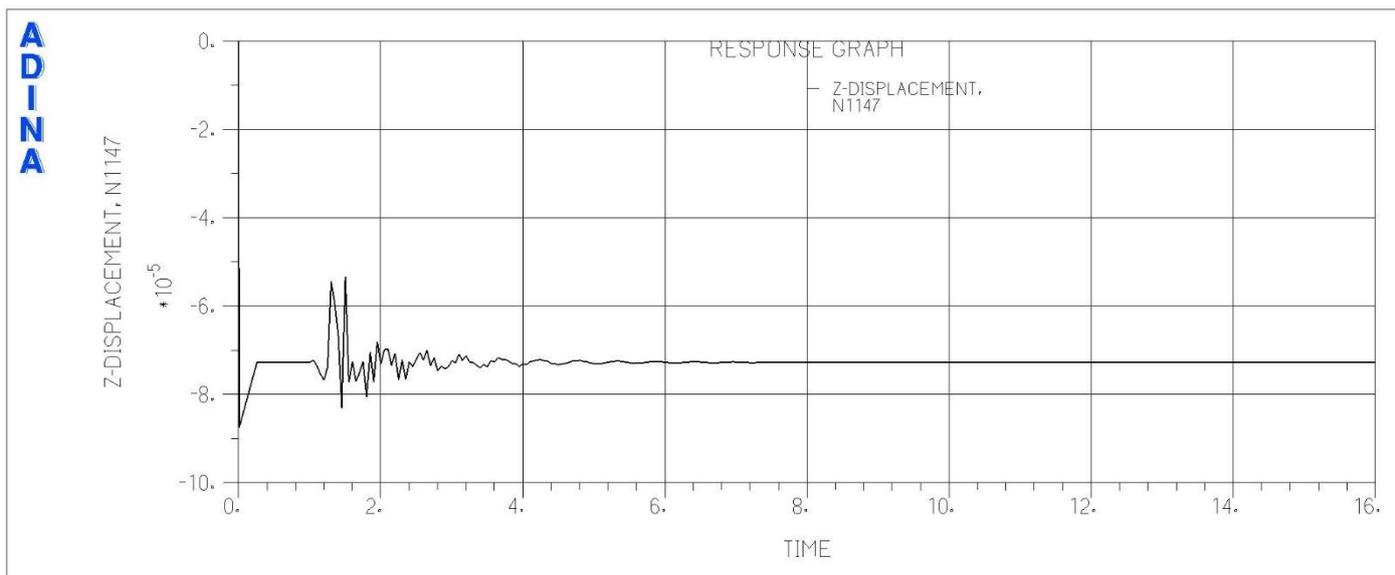


Abbildung 5-77: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

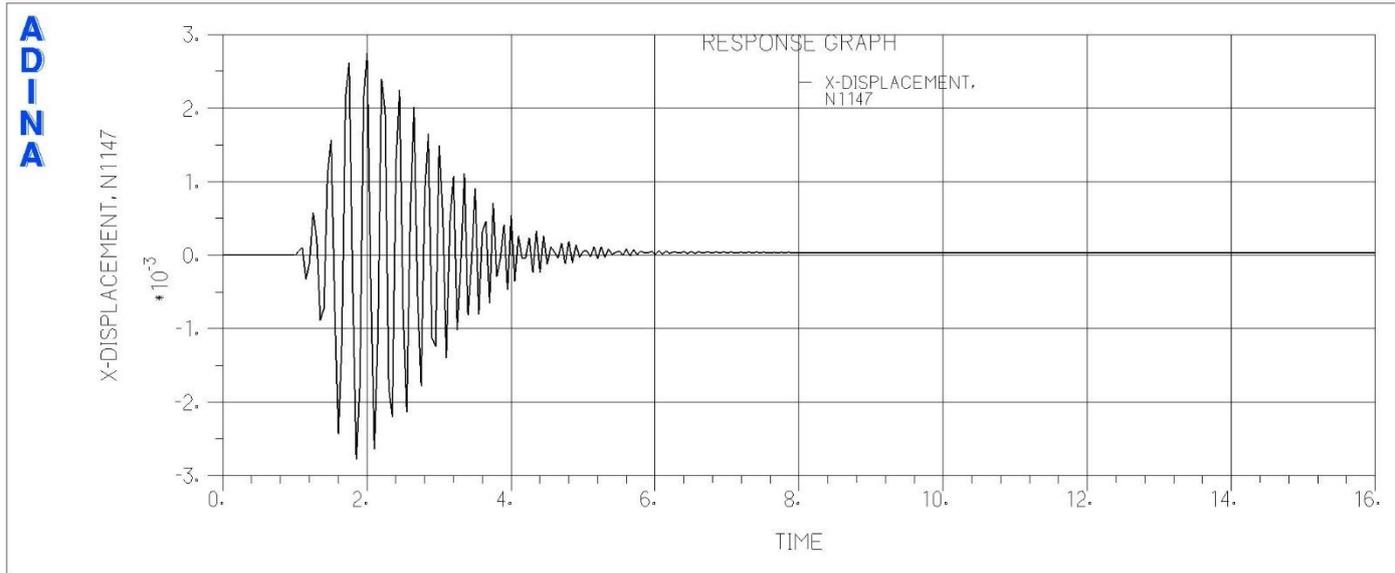


Abbildung 5-78: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

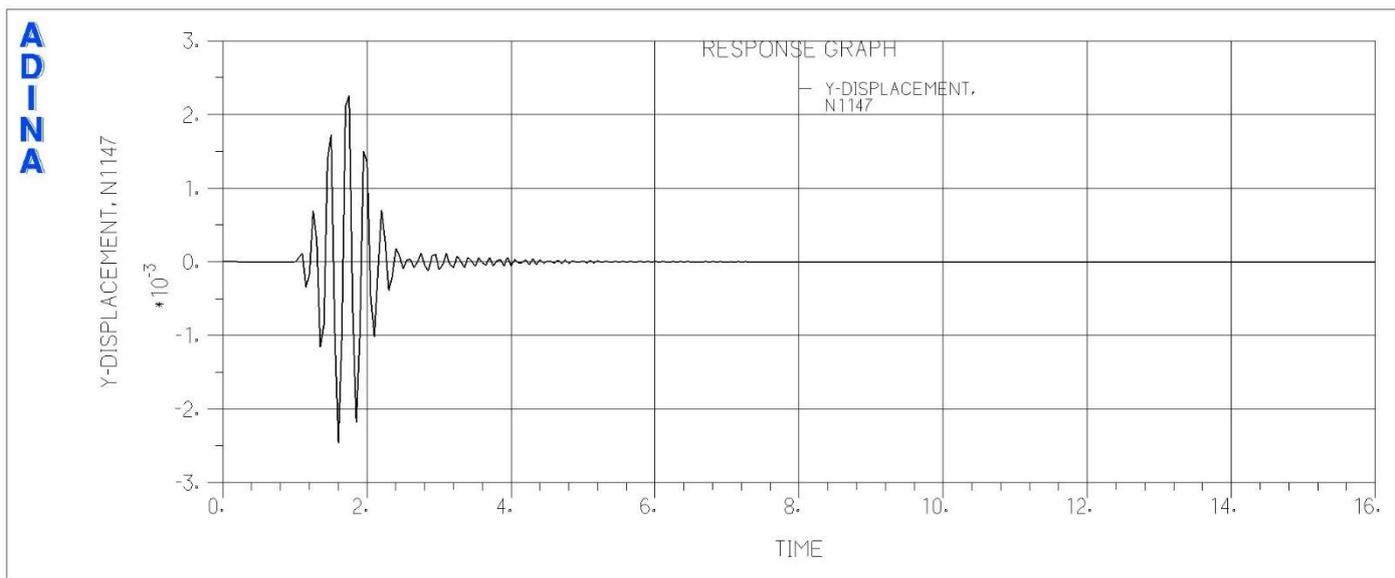


Abbildung 5-79: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

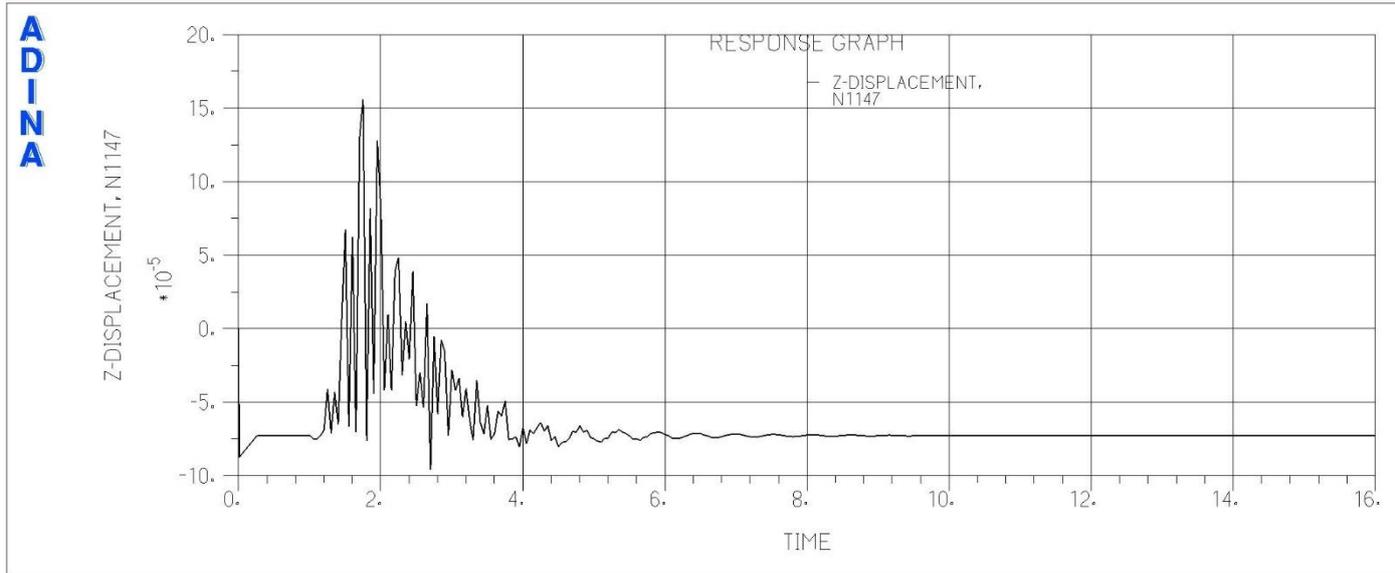


Abbildung 5-80: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit halb1_312

5.4.3 EDW: Verschiebungen Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t

5.4.3.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

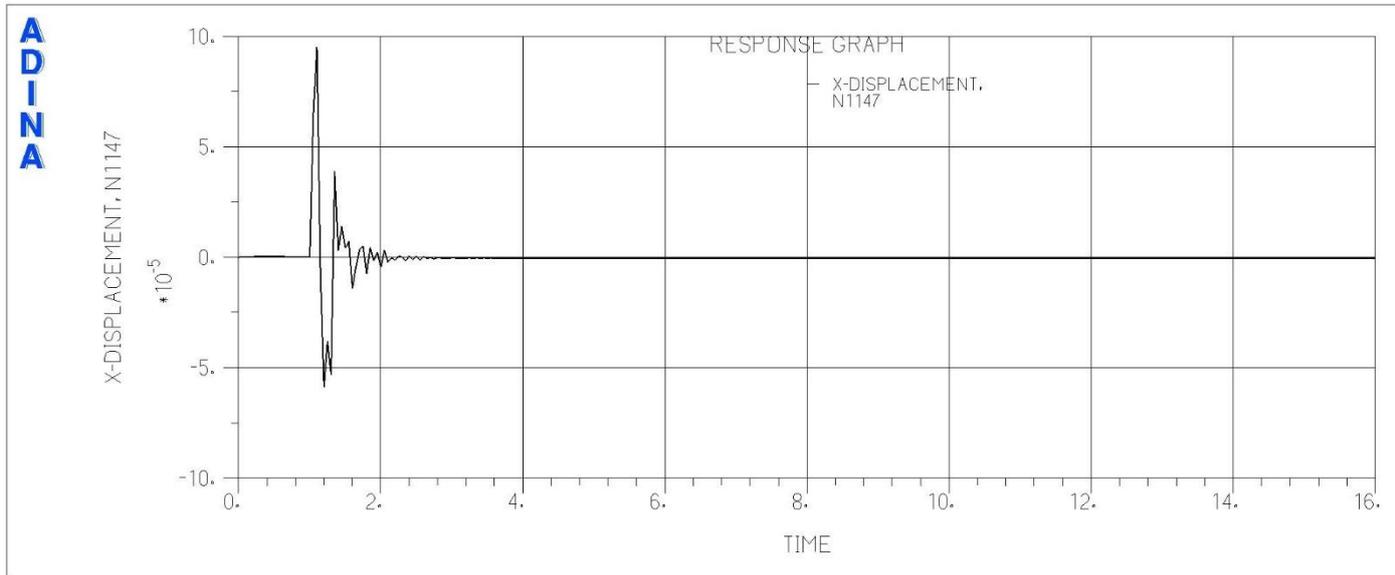


Abbildung 5-81: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

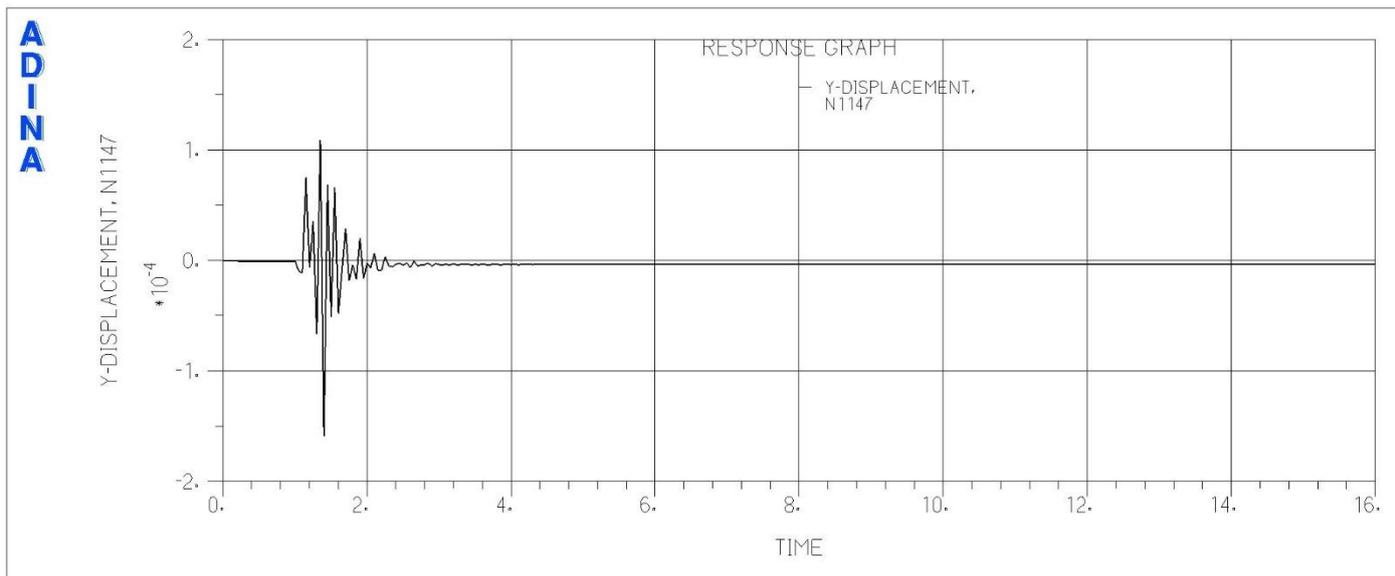


Abbildung 5-82: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

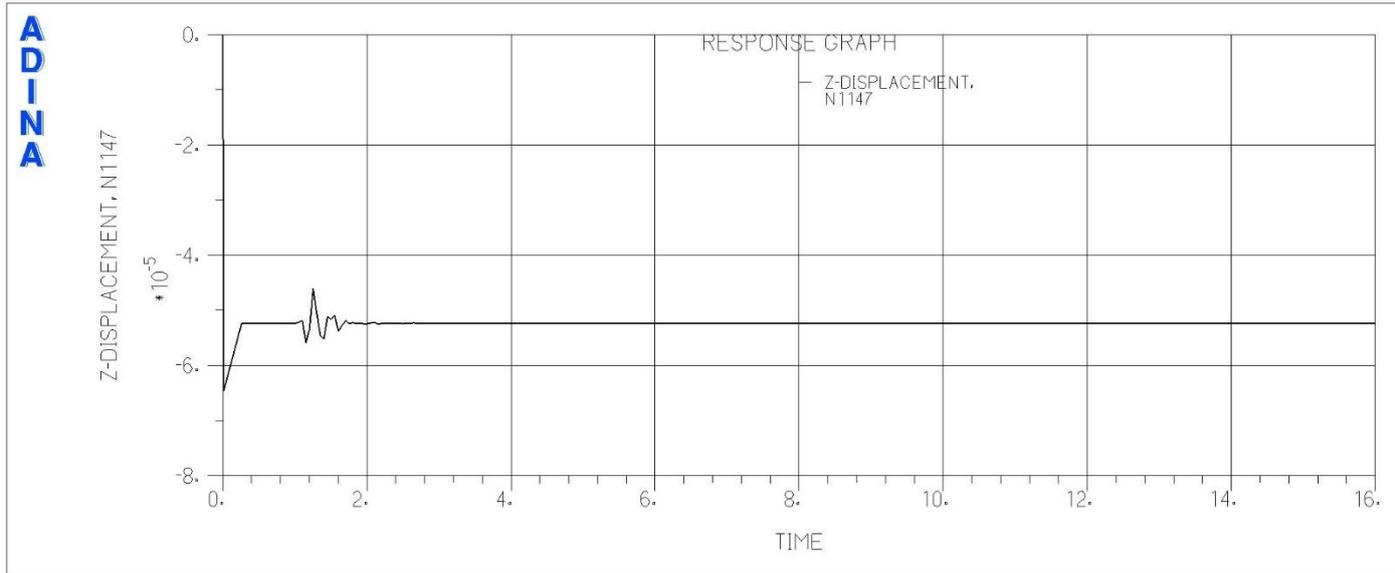


Abbildung 5-83: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

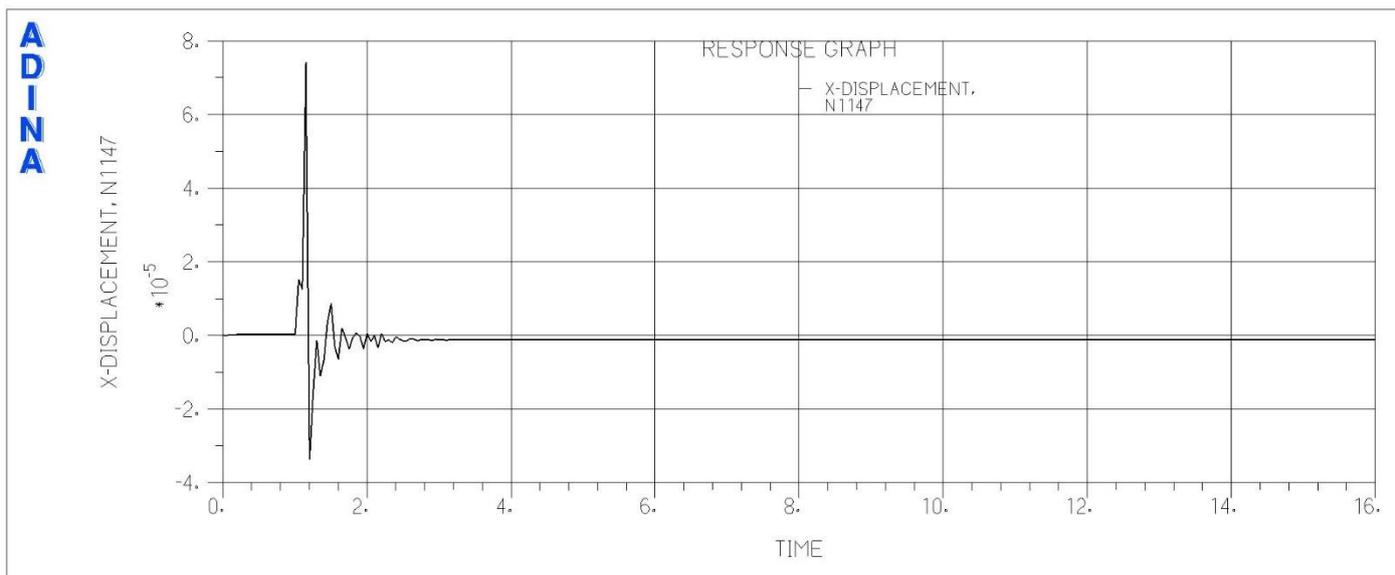


Abbildung 5-84: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

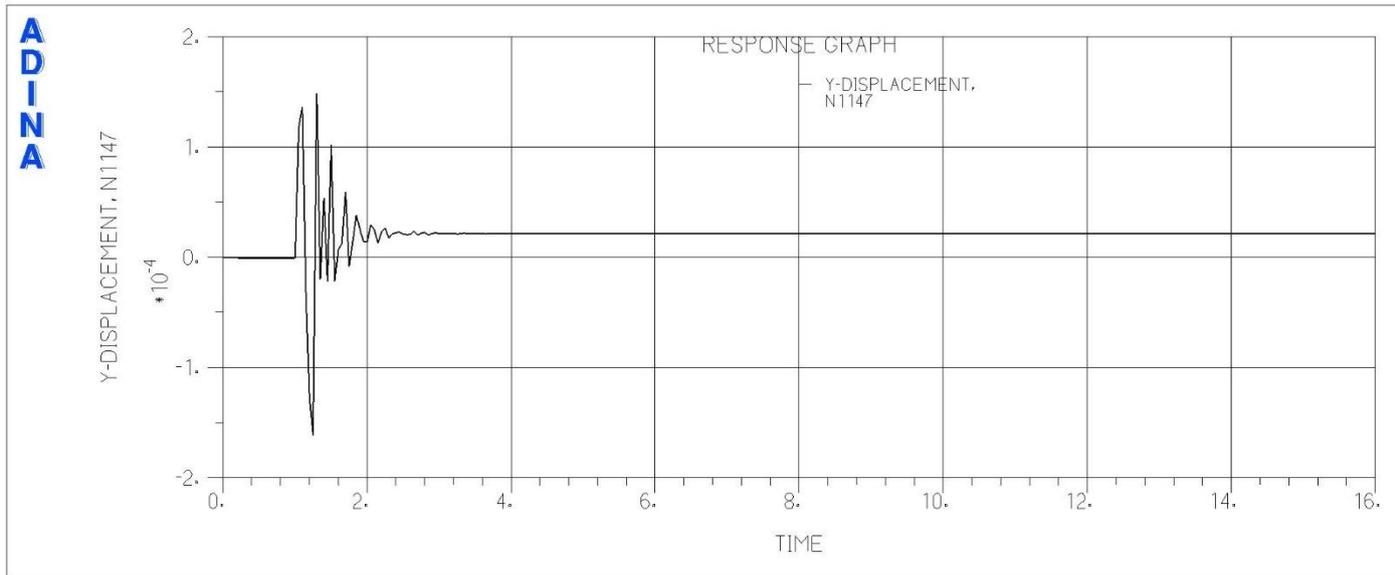


Abbildung 5-85: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

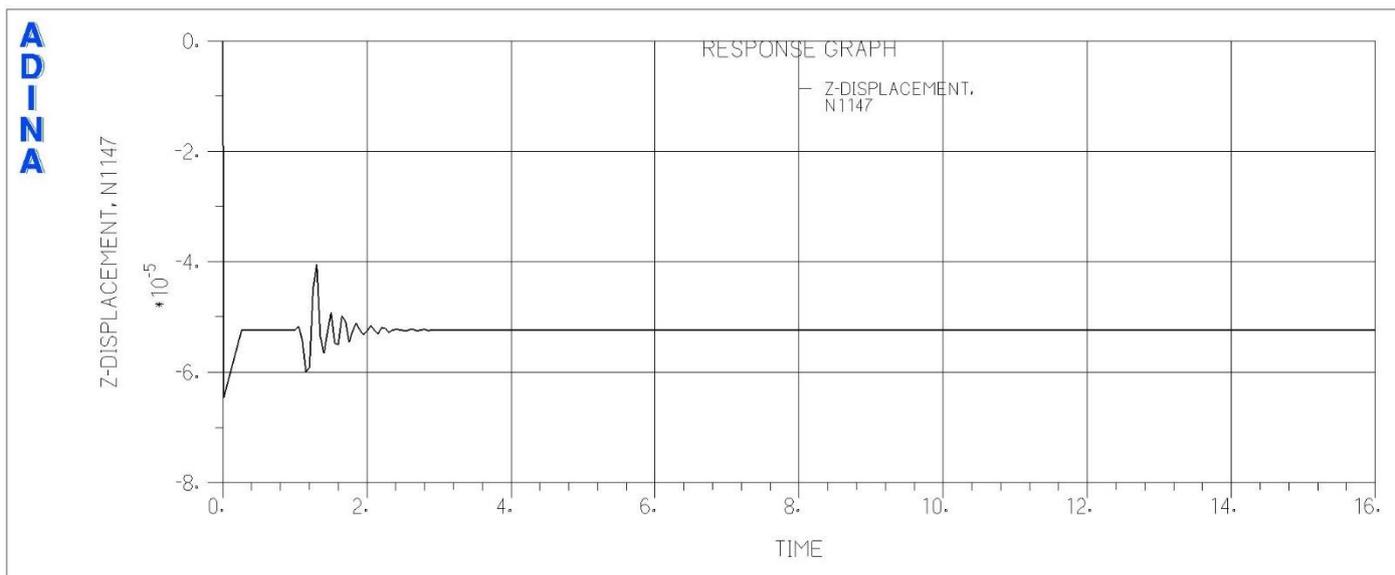


Abbildung 5-86: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

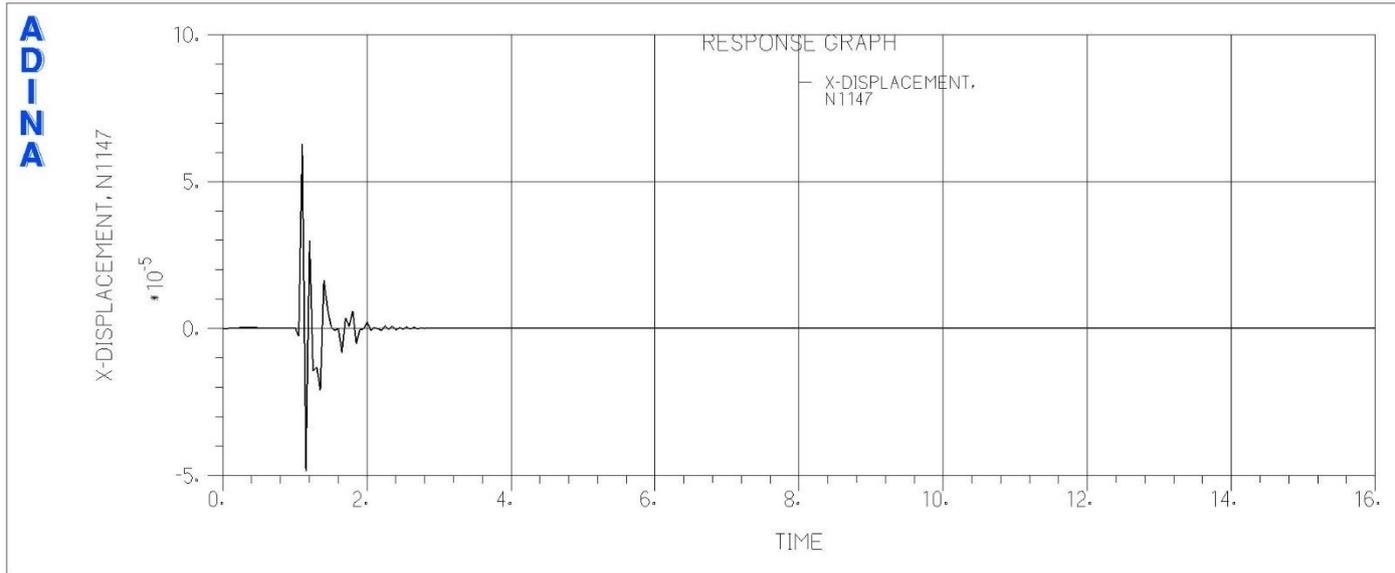


Abbildung 5-87: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

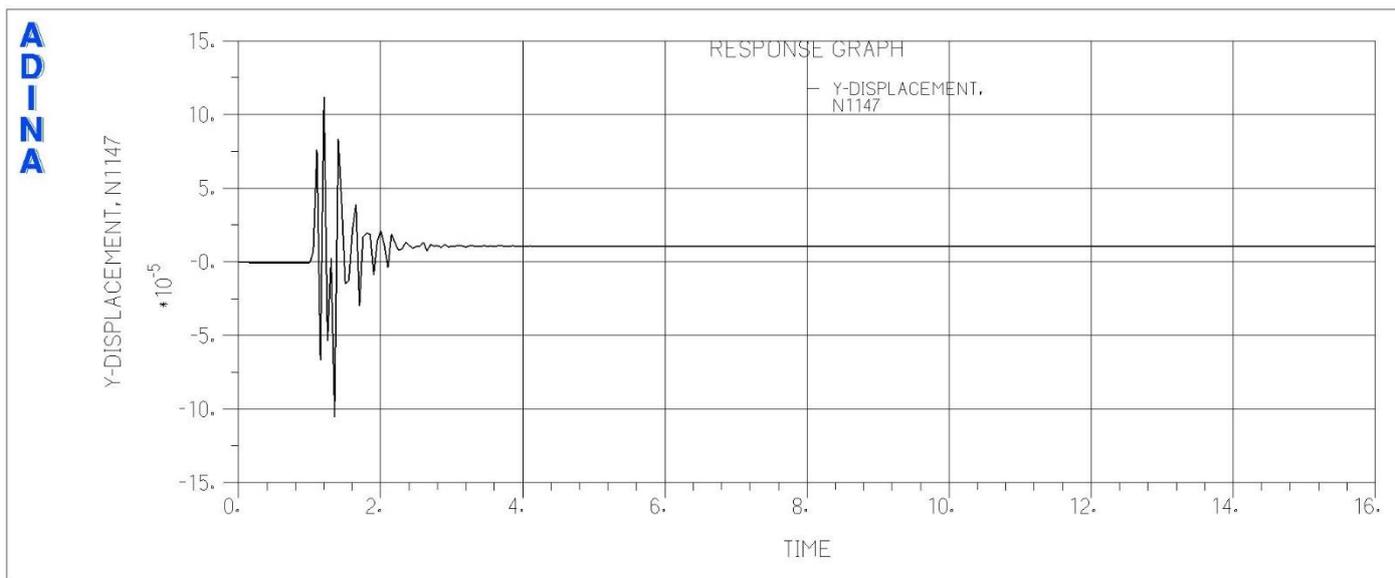


Abbildung 5-88: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

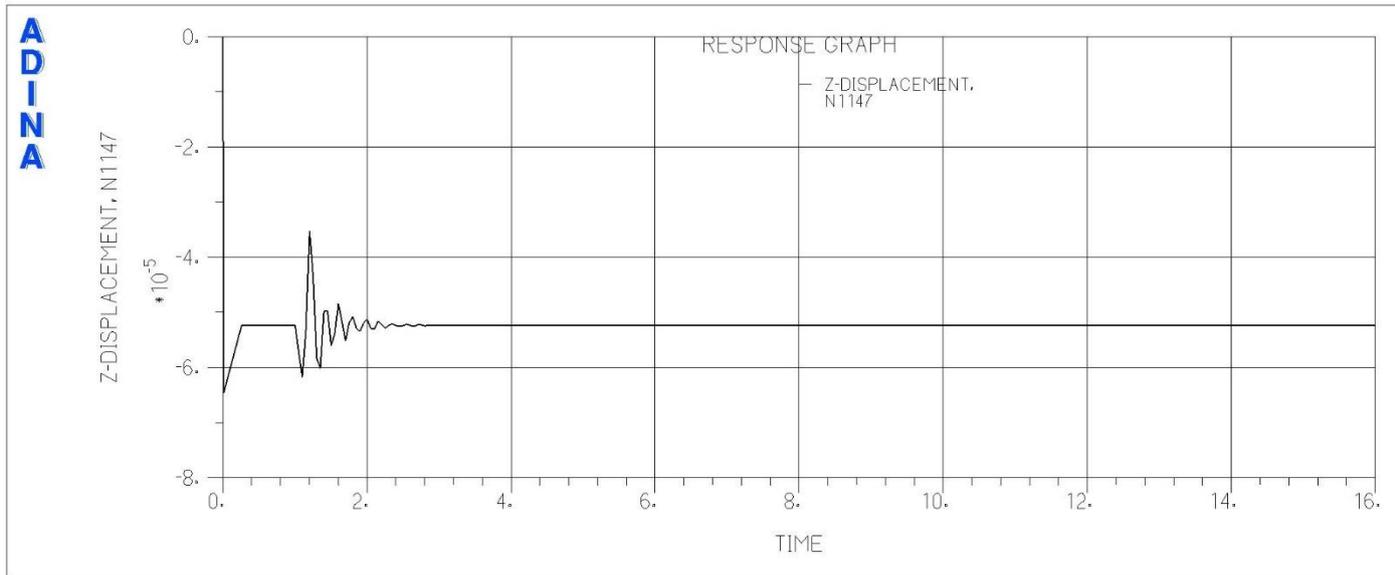


Abbildung 5-89: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

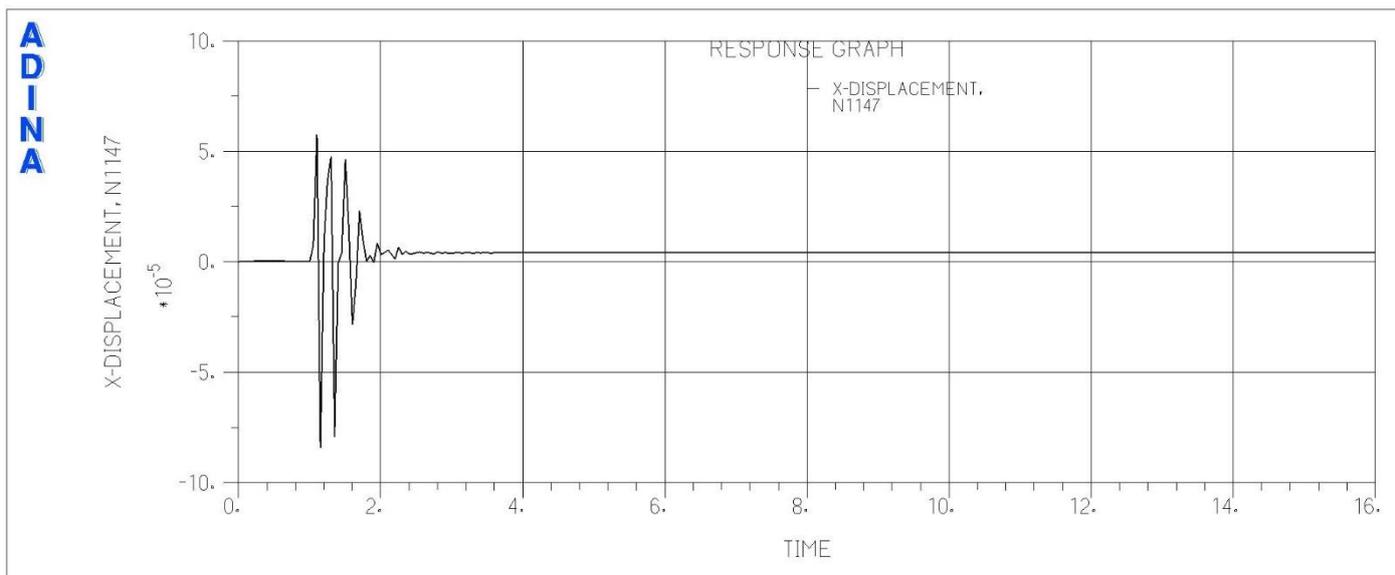


Abbildung 5-90: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

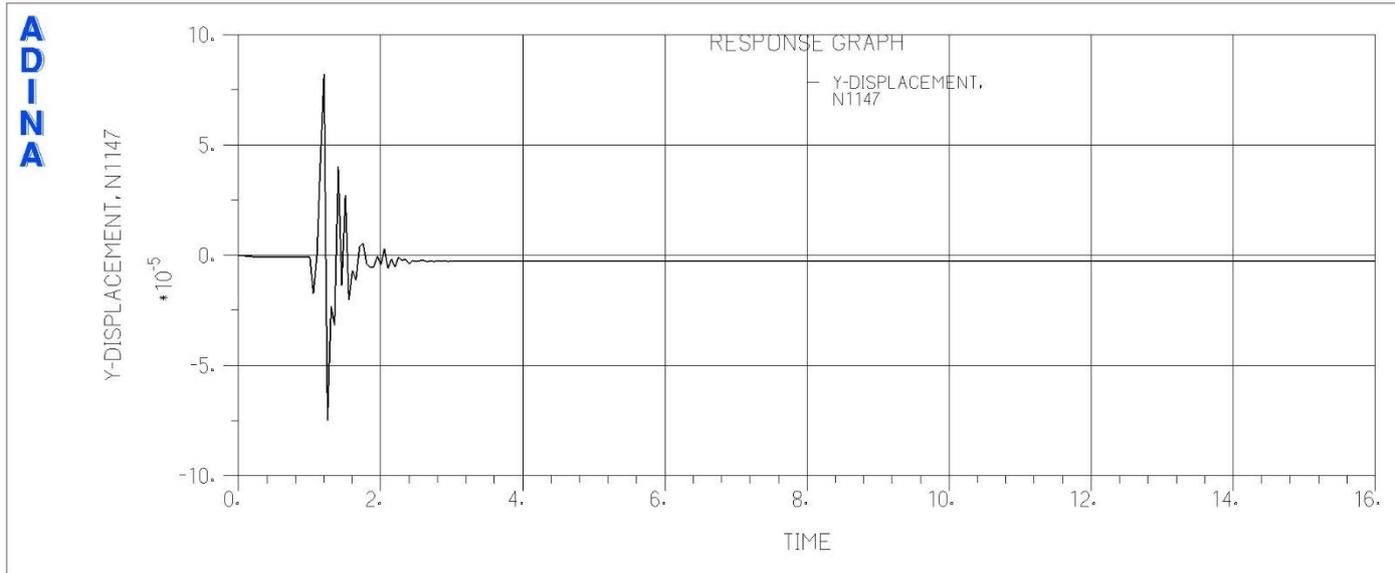


Abbildung 5-91: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

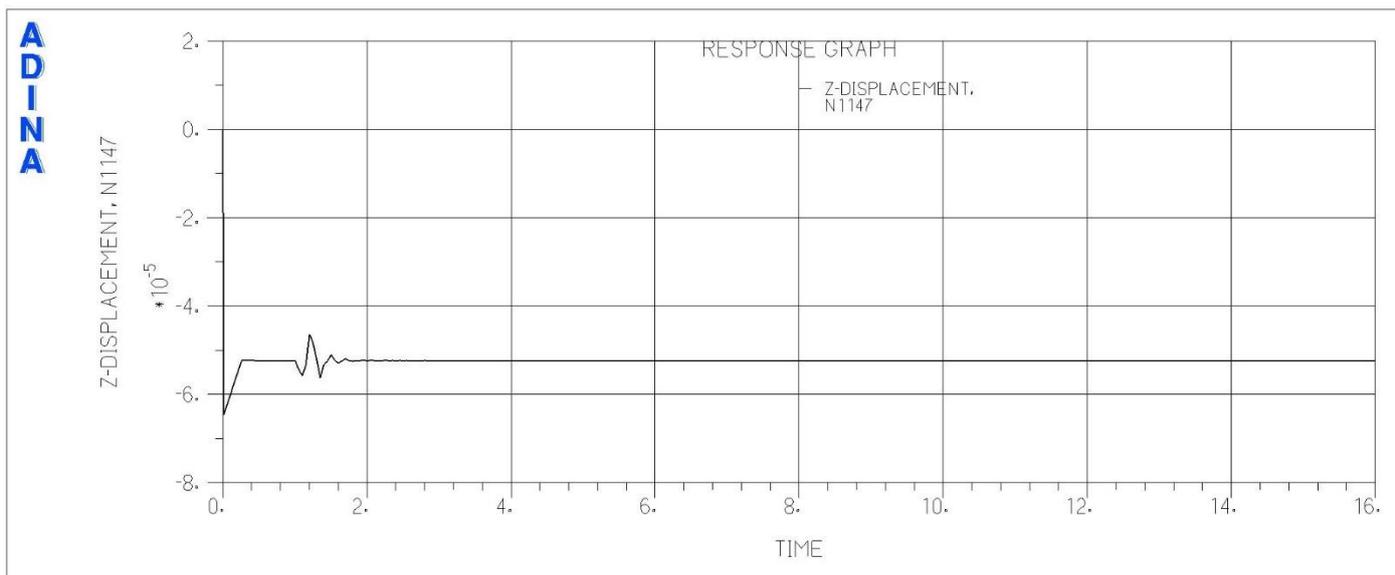


Abbildung 5-92: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

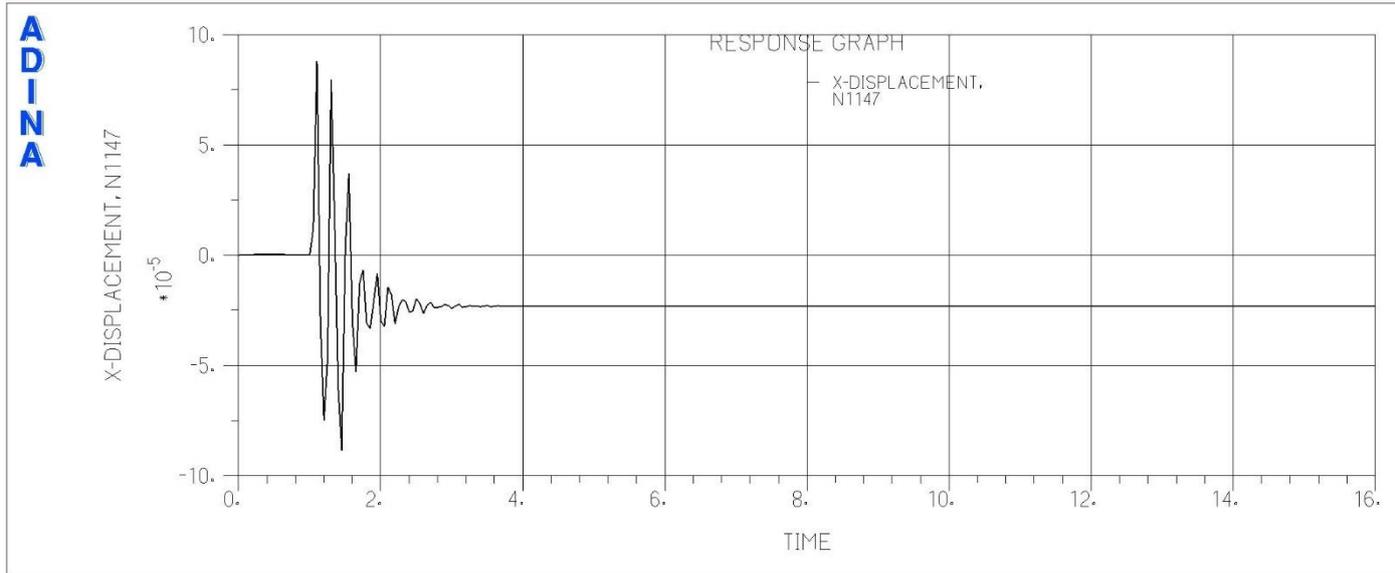


Abbildung 5-93: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

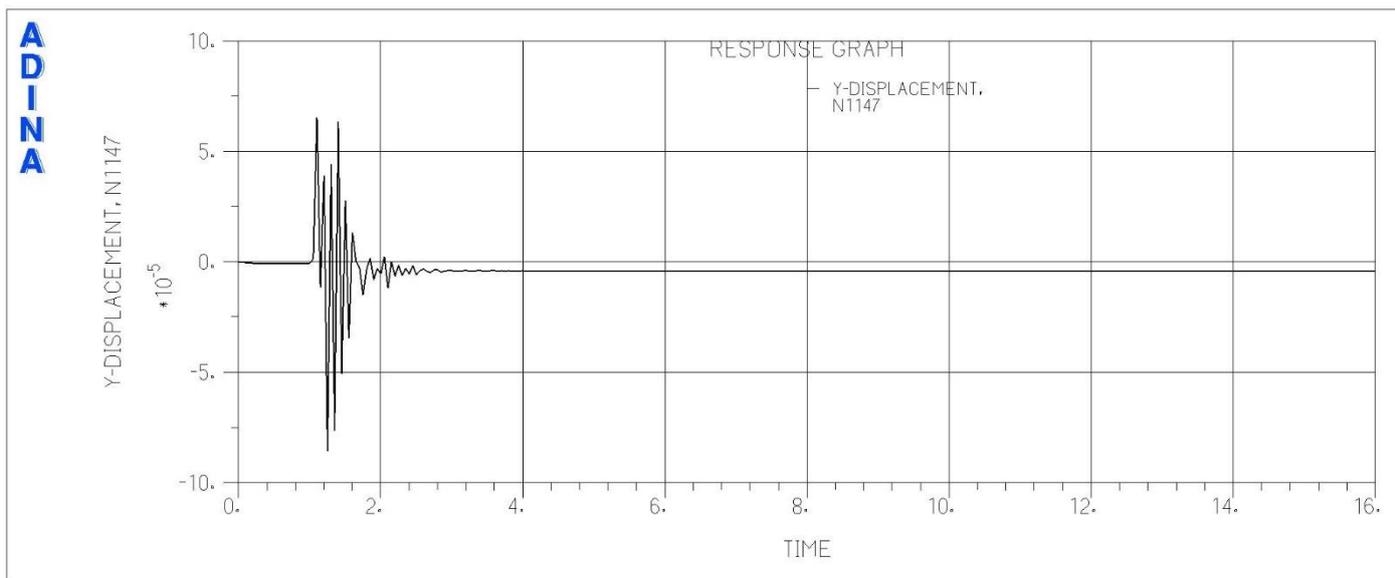


Abbildung 5-94: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

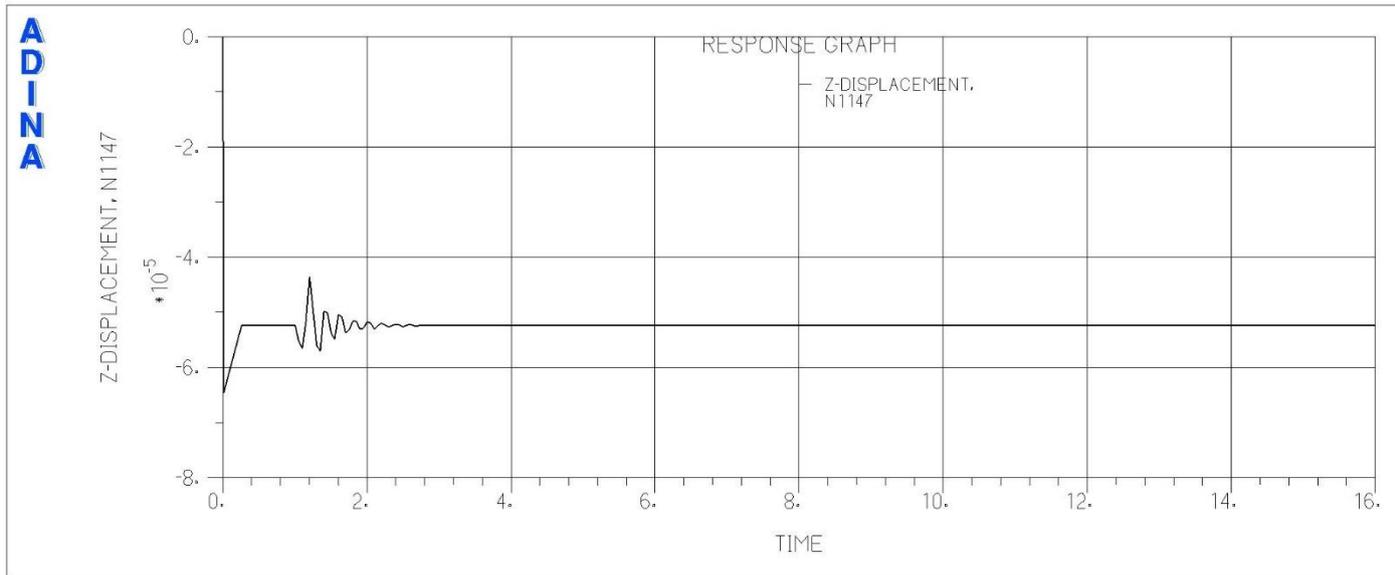


Abbildung 5-95: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

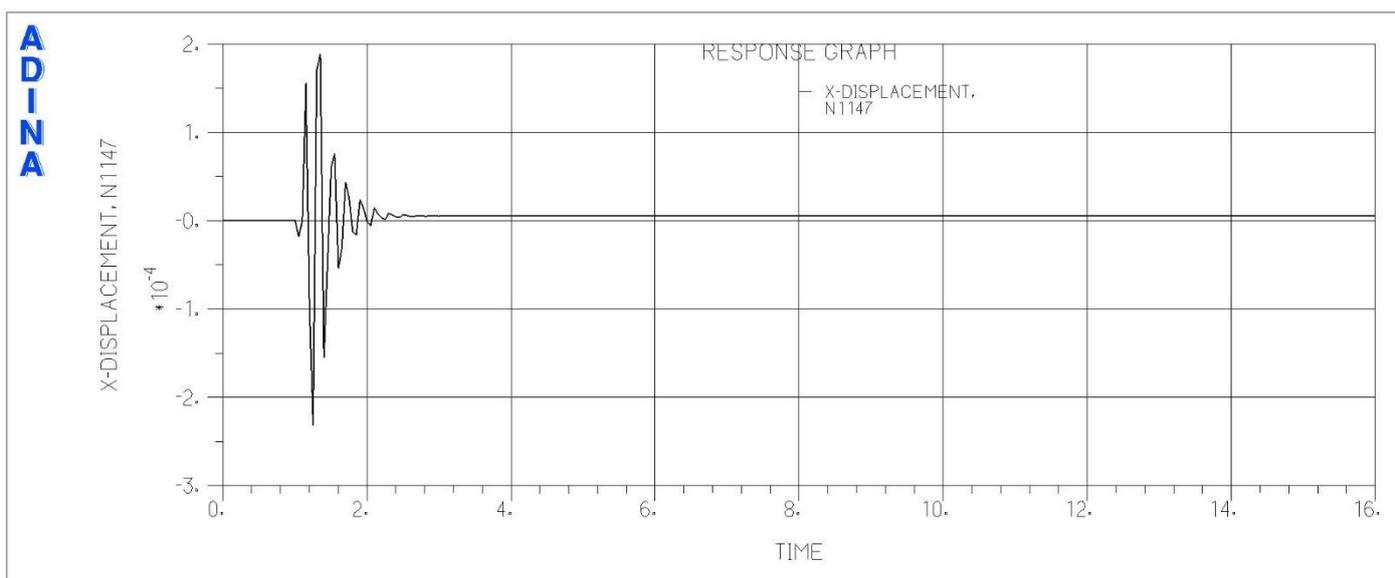


Abbildung 5-96: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

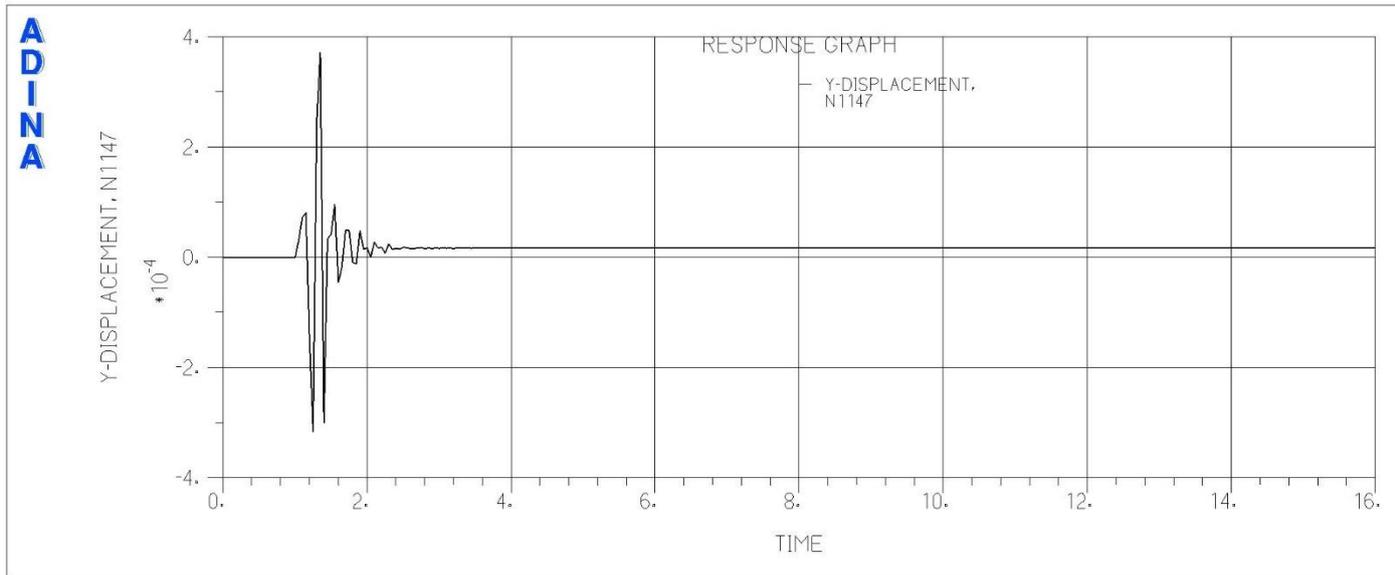


Abbildung 5-97: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

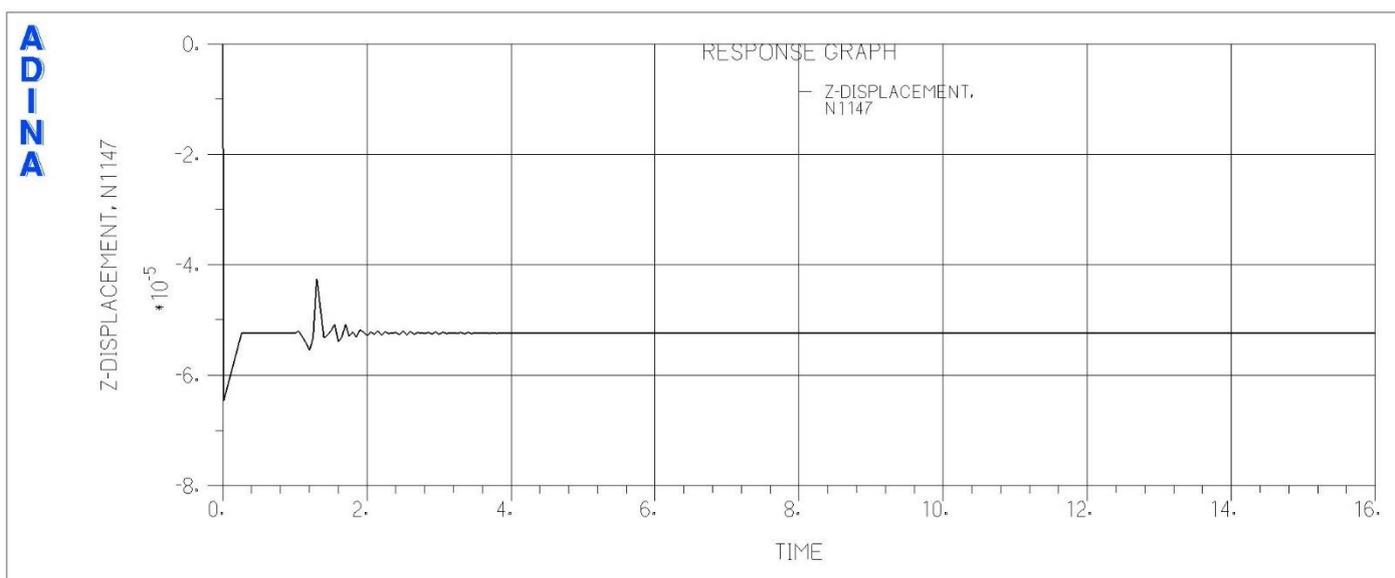


Abbildung 5-98: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

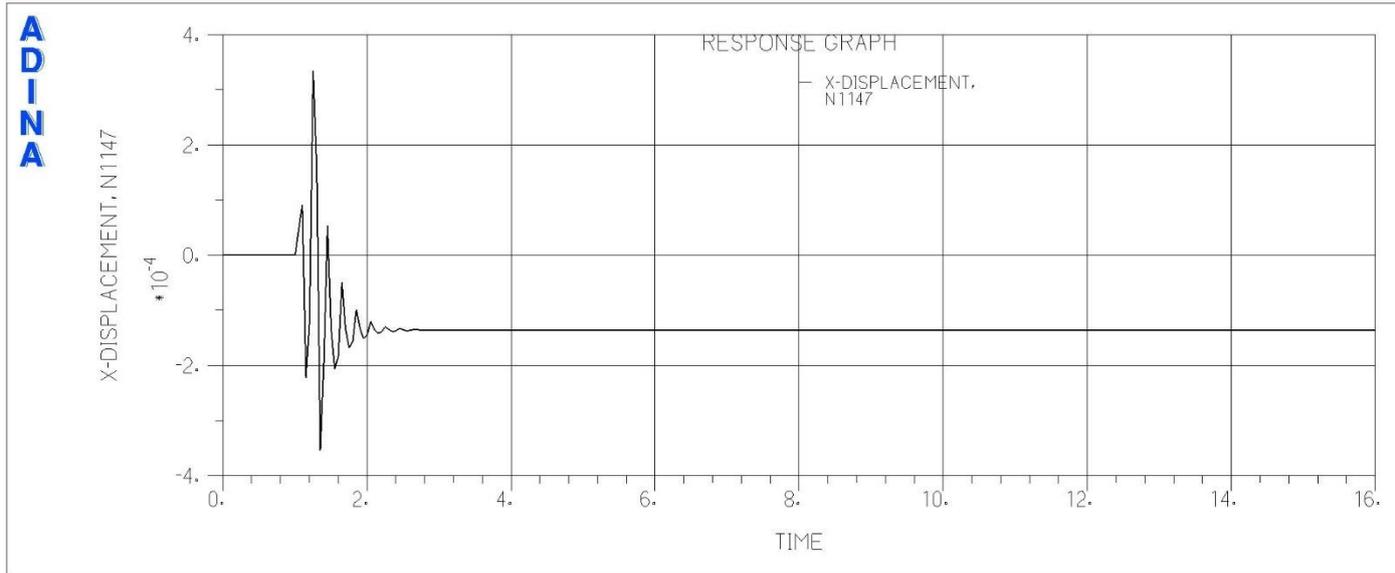


Abbildung 5-99: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

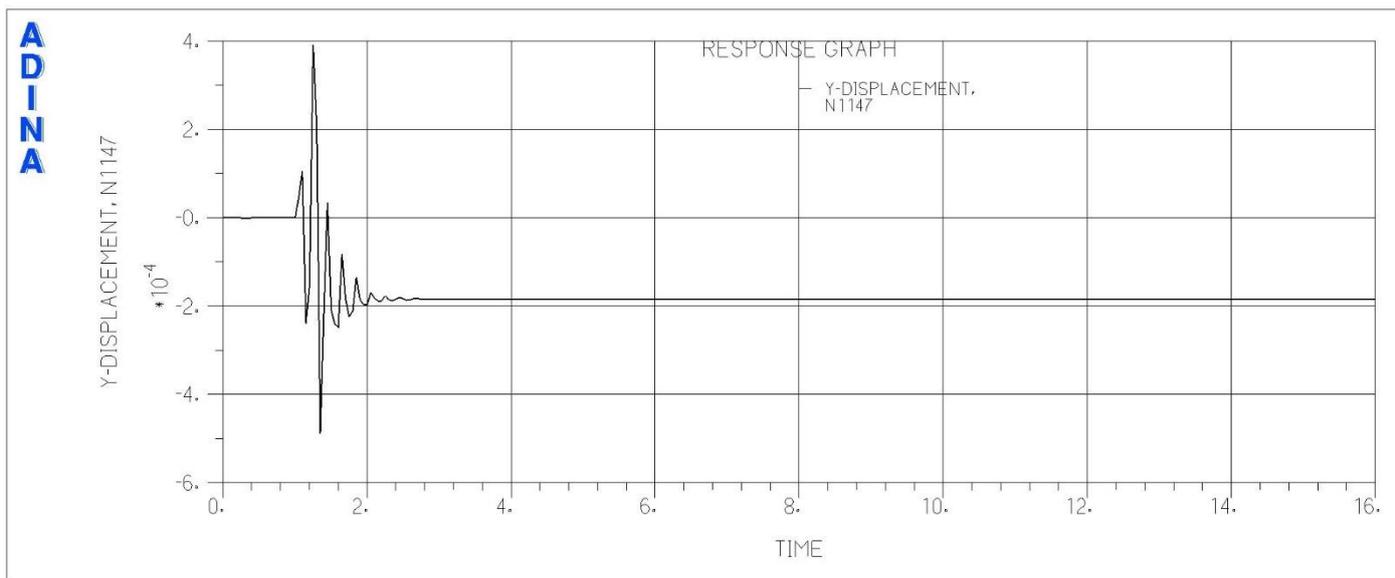


Abbildung 5-100: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

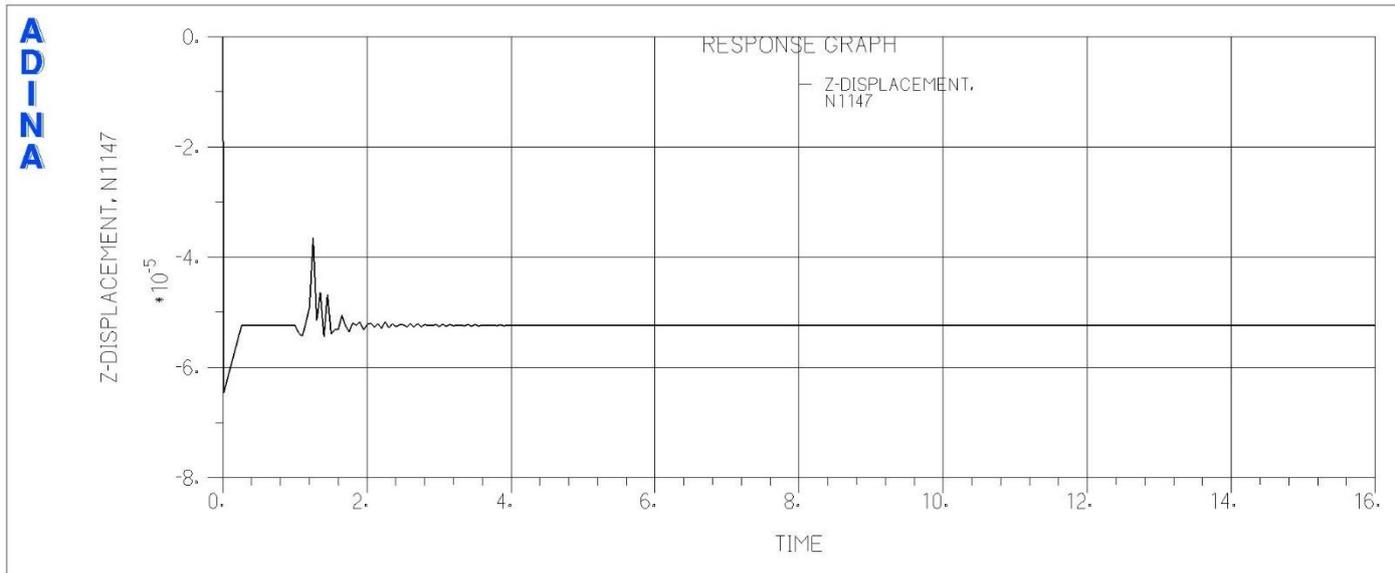


Abbildung 5-101: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit halb1_312

5.4.3.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

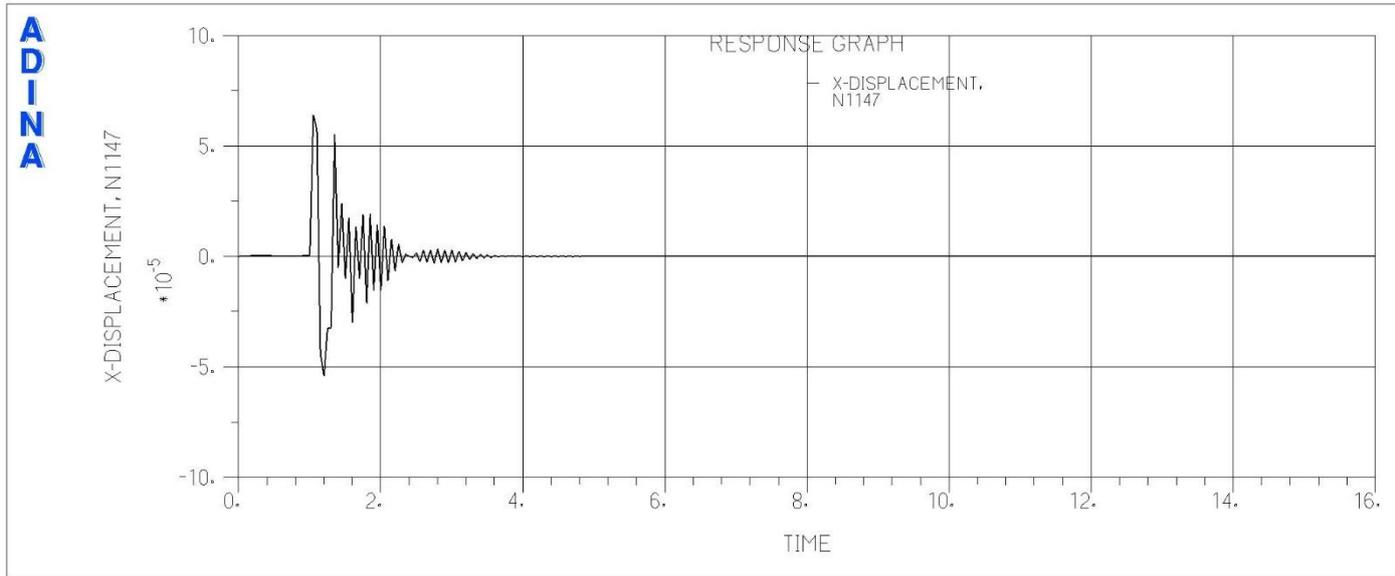


Abbildung 5-102: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

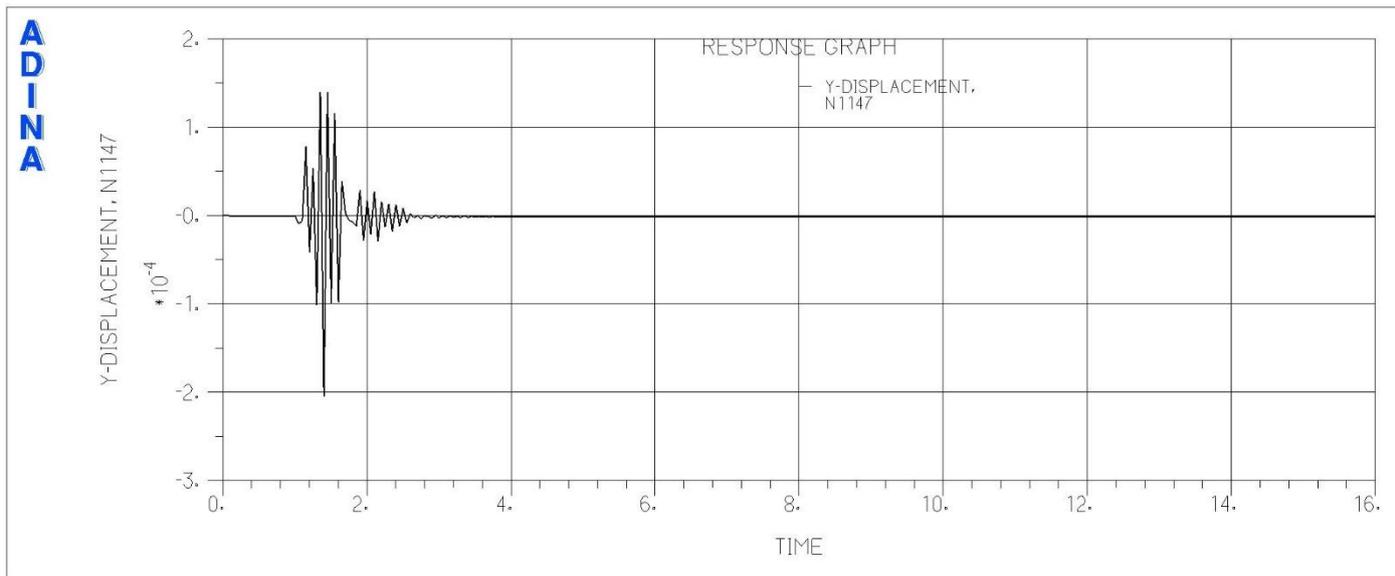


Abbildung 5-103: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

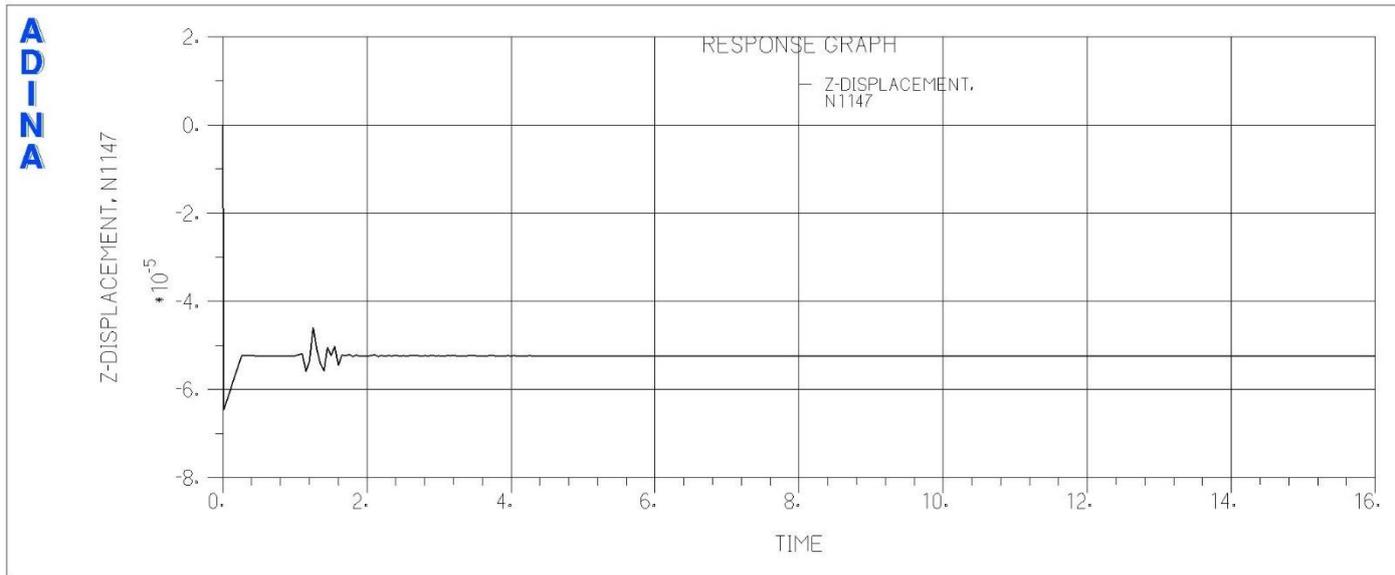


Abbildung 5-104: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_123

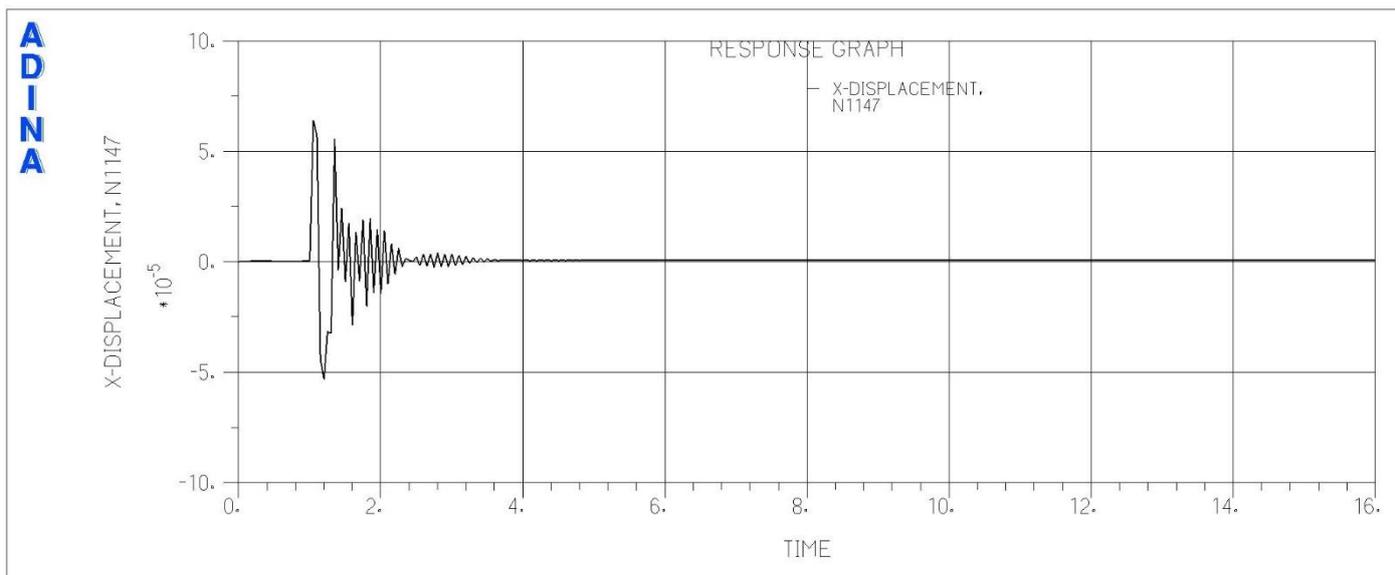


Abbildung 5-105: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

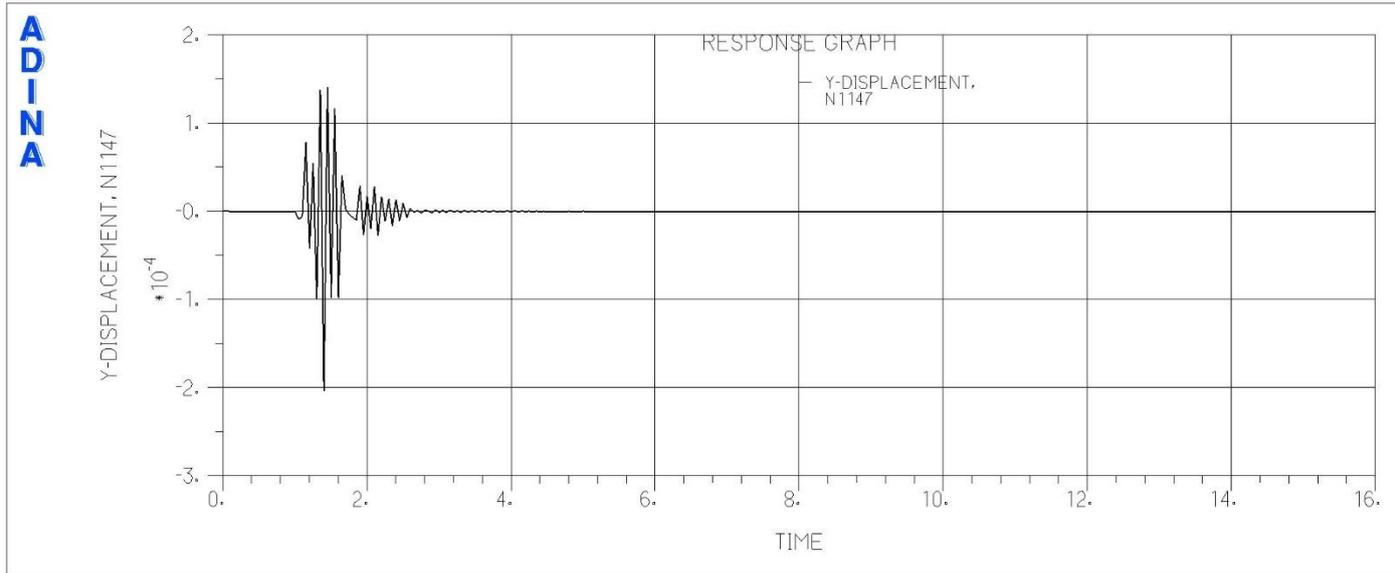


Abbildung 5-106: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

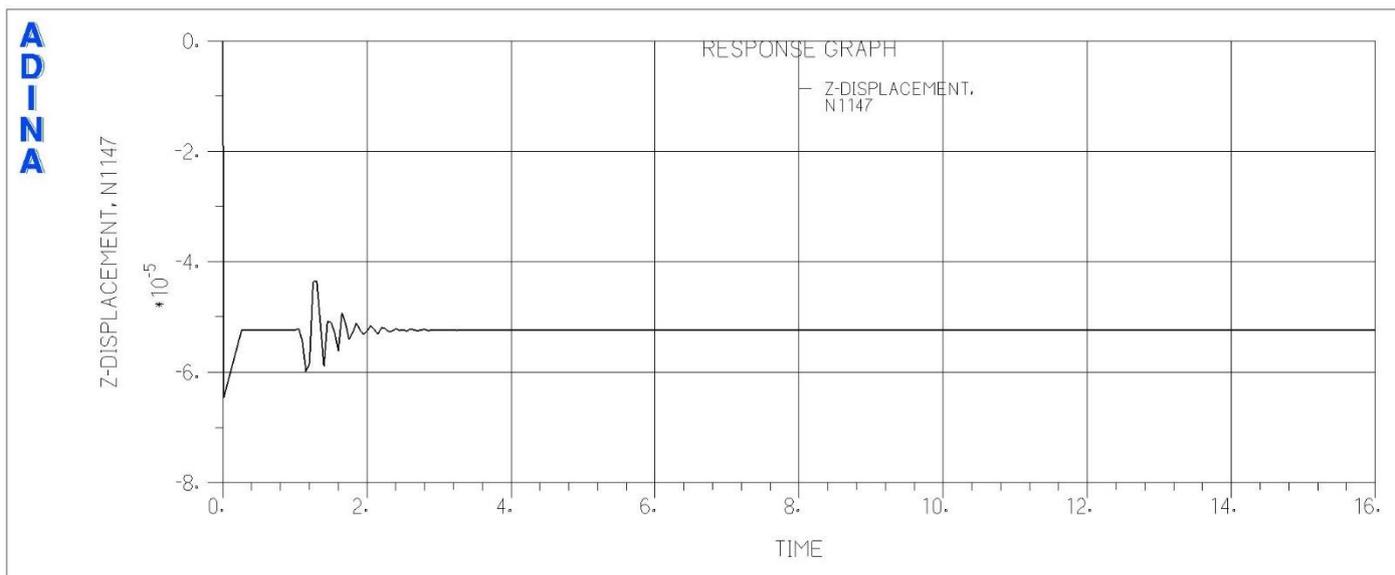


Abbildung 5-107: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_231

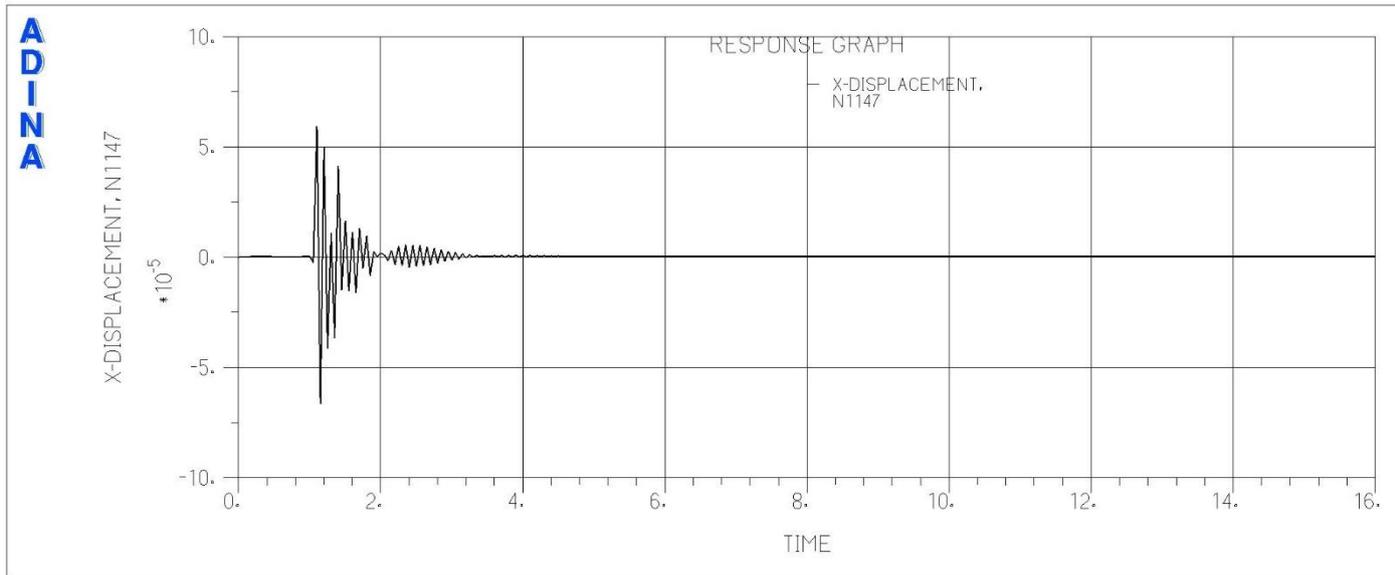


Abbildung 5-108: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

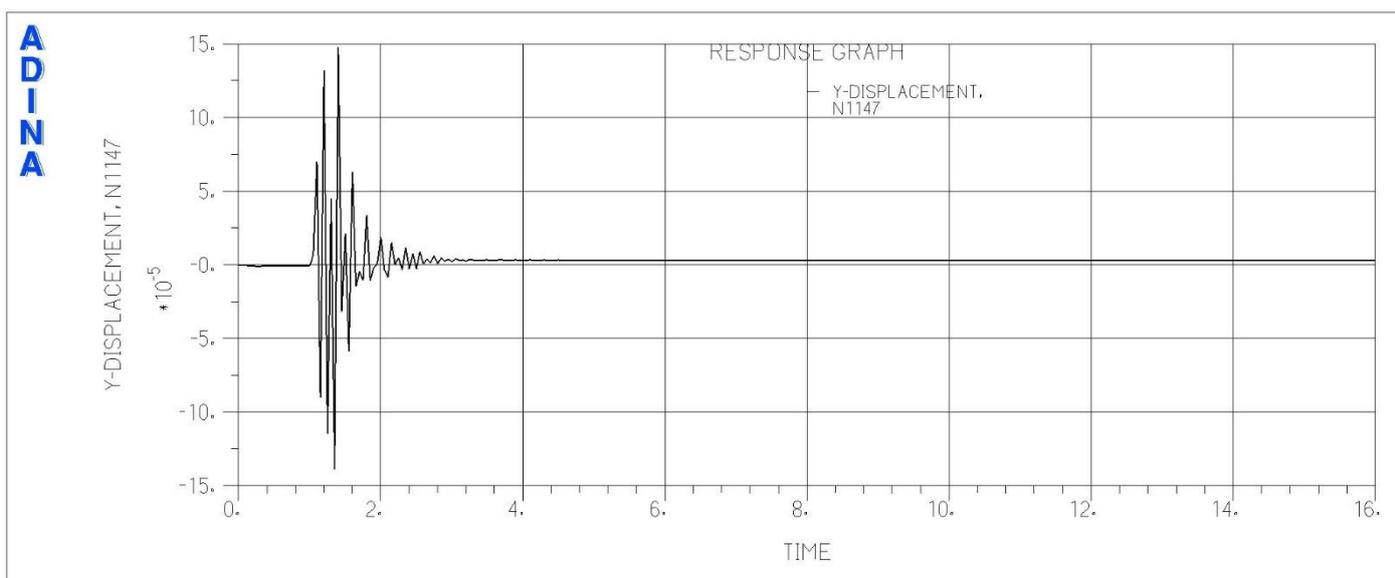


Abbildung 5-109: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

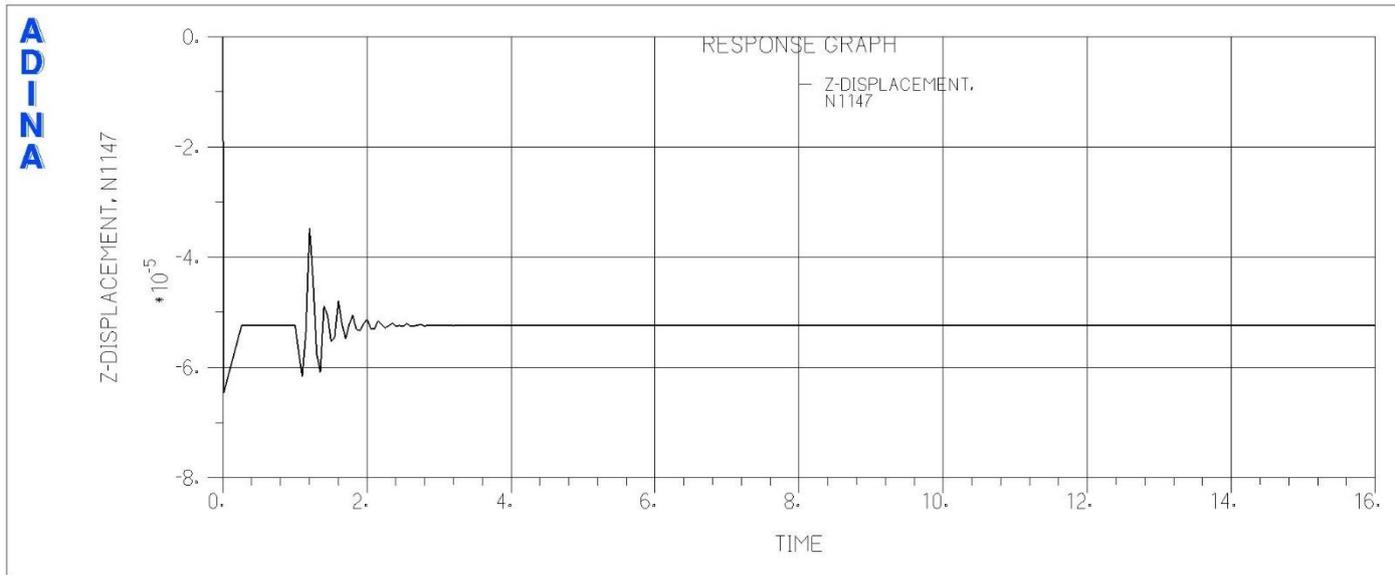


Abbildung 5-110: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_min_leer_312

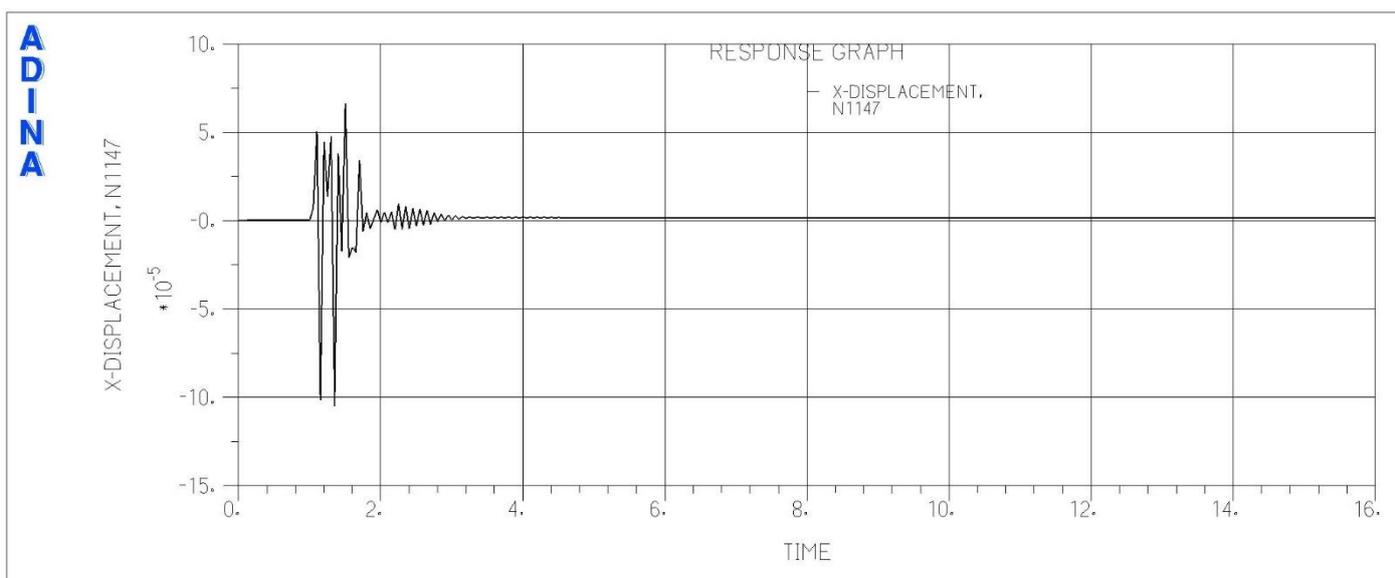


Abbildung 5-111: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

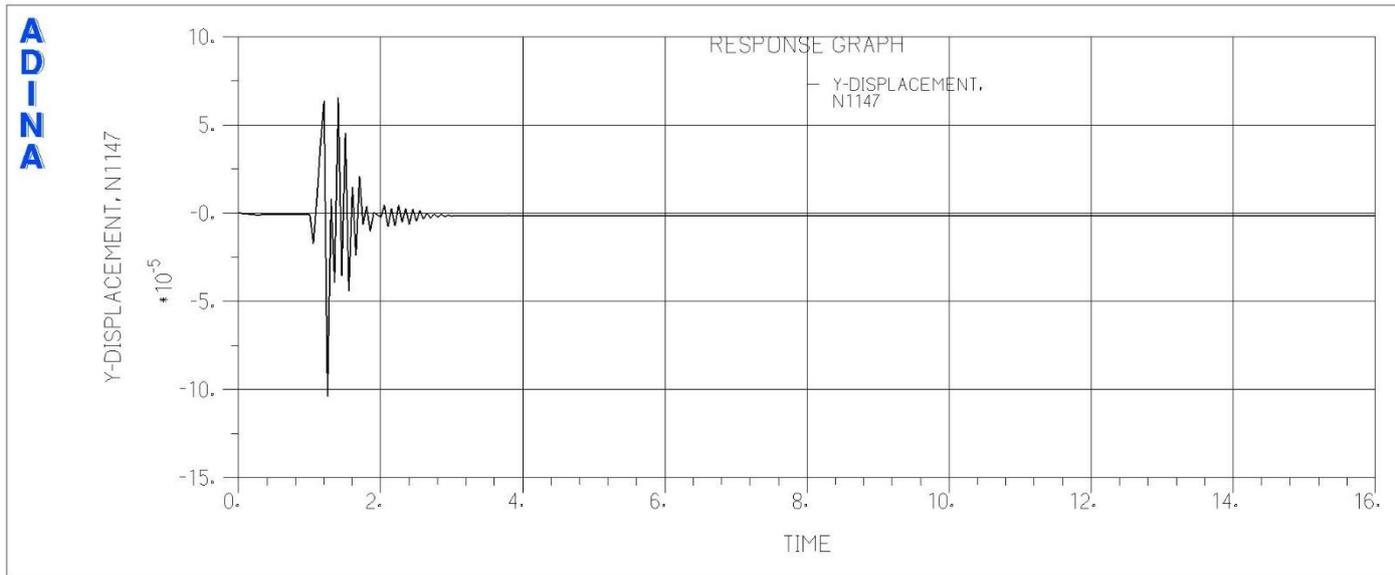


Abbildung 5-112: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

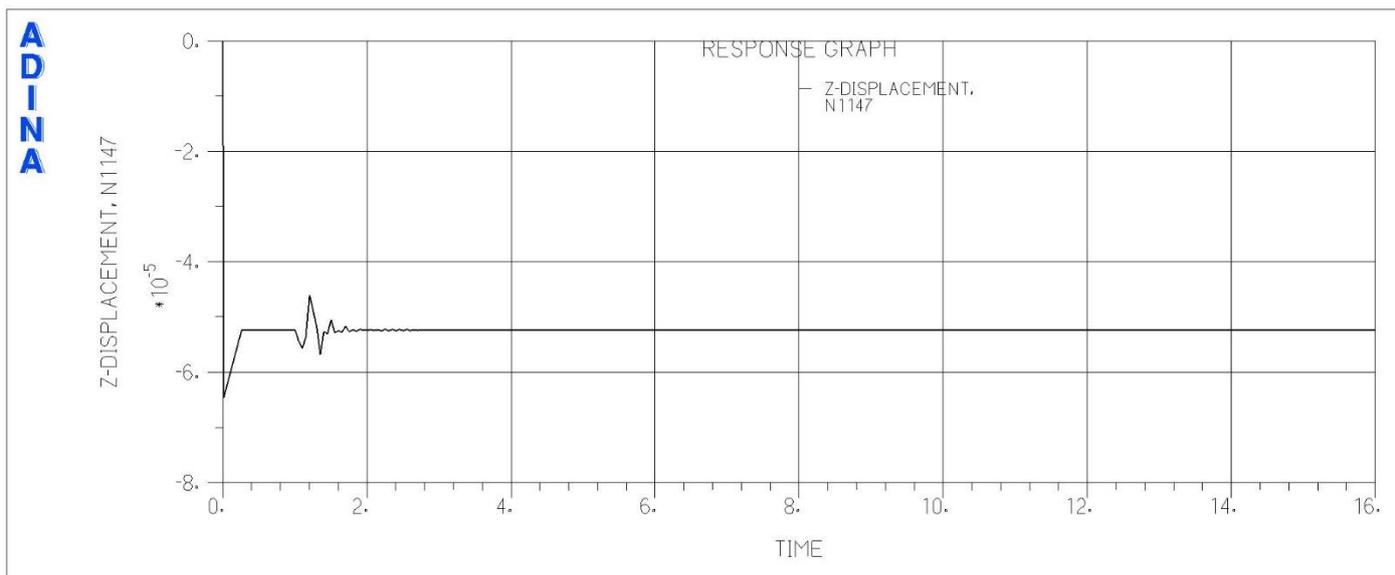


Abbildung 5-113: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_mit_half2_312

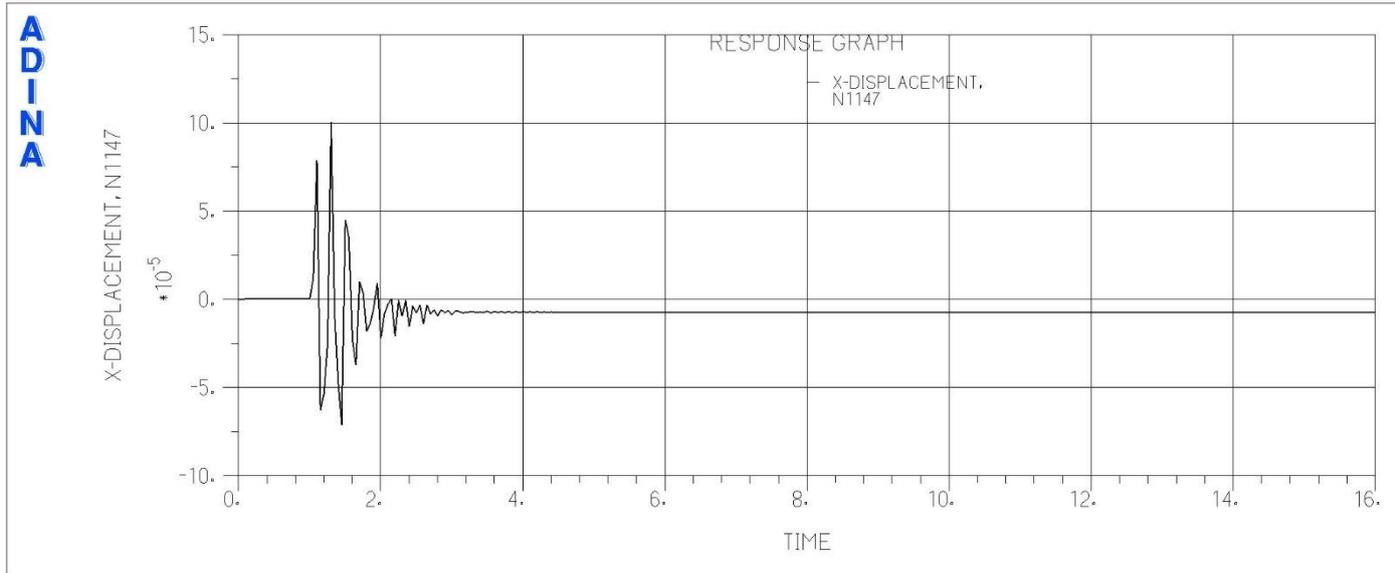


Abbildung 5-114: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

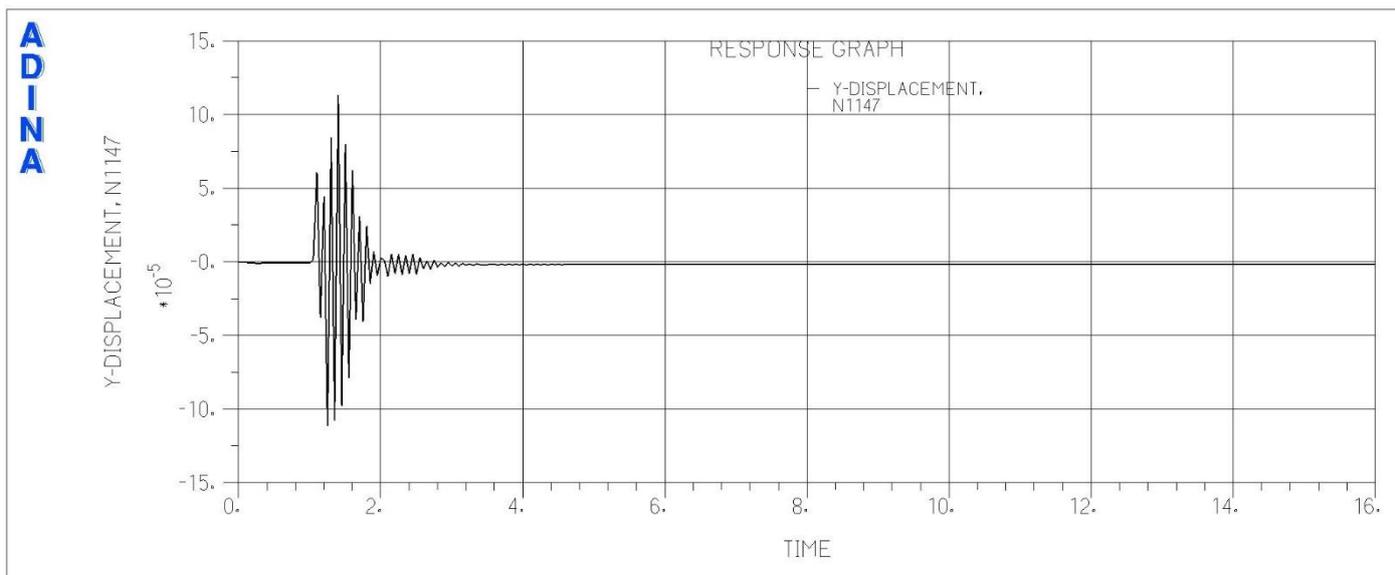


Abbildung 5-115: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min_half2_312

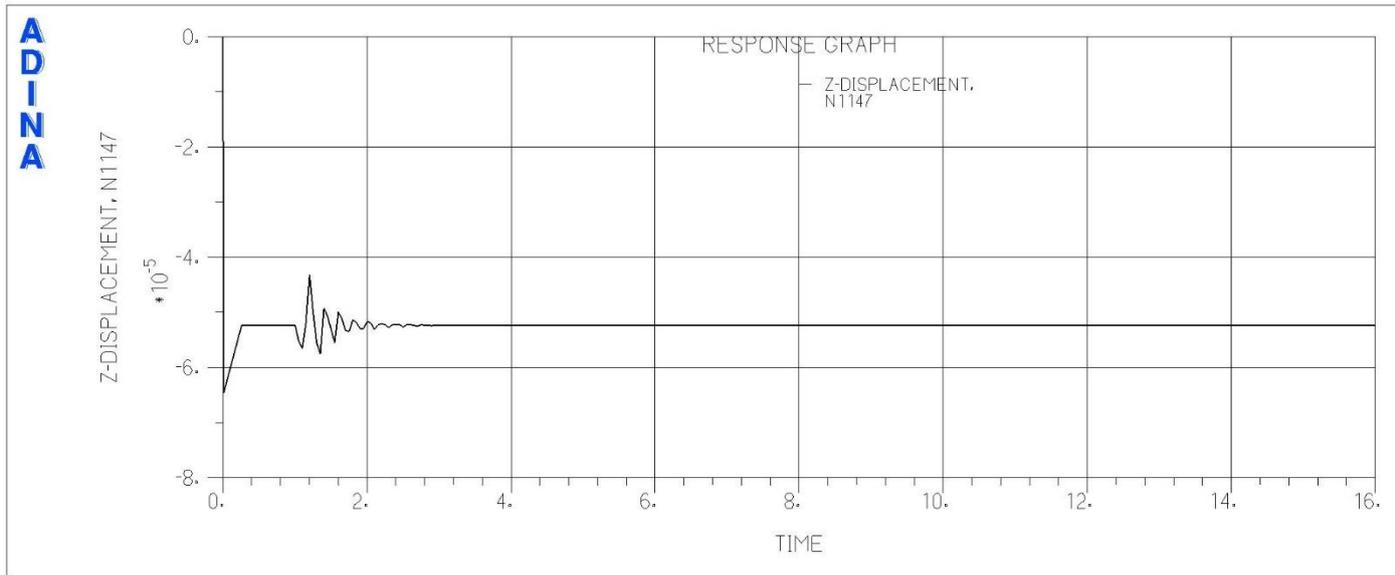


Abbildung 5-116: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_min halb2_312

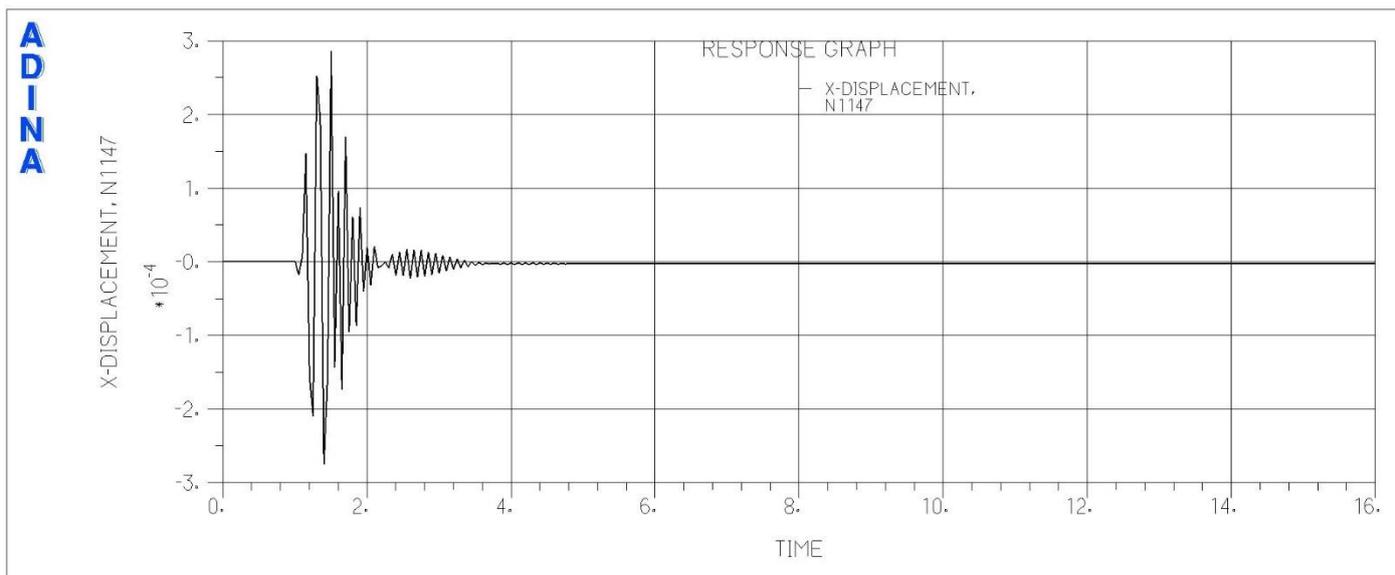


Abbildung 5-117: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

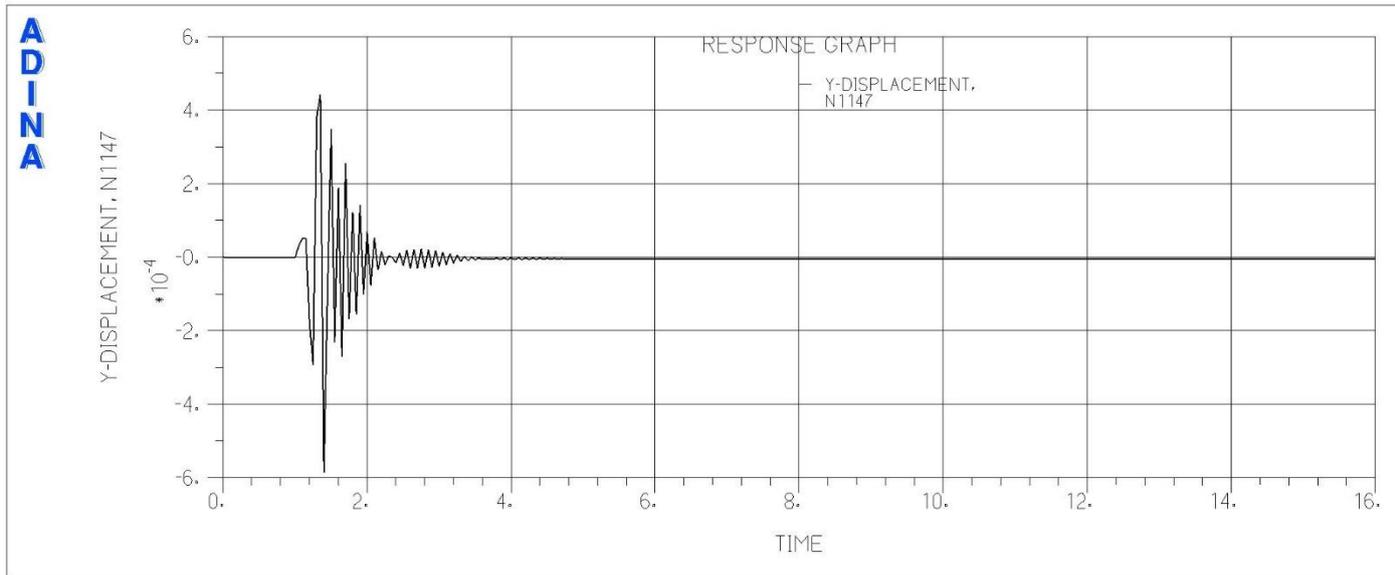


Abbildung 5-118: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

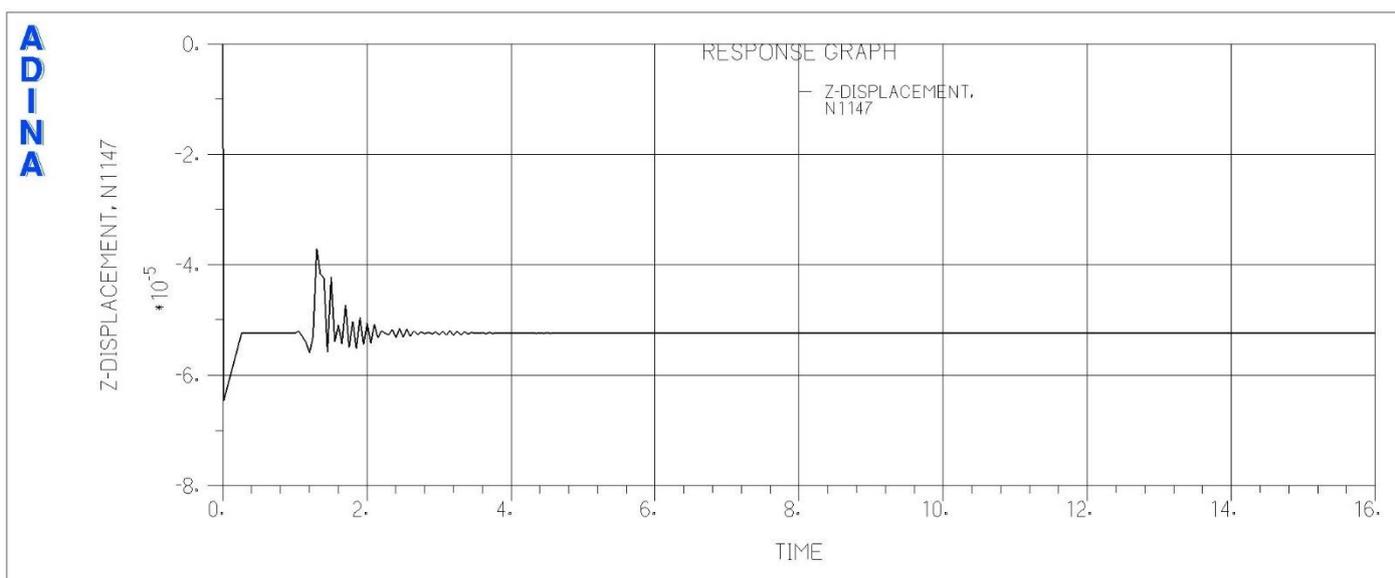


Abbildung 5-119: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_231

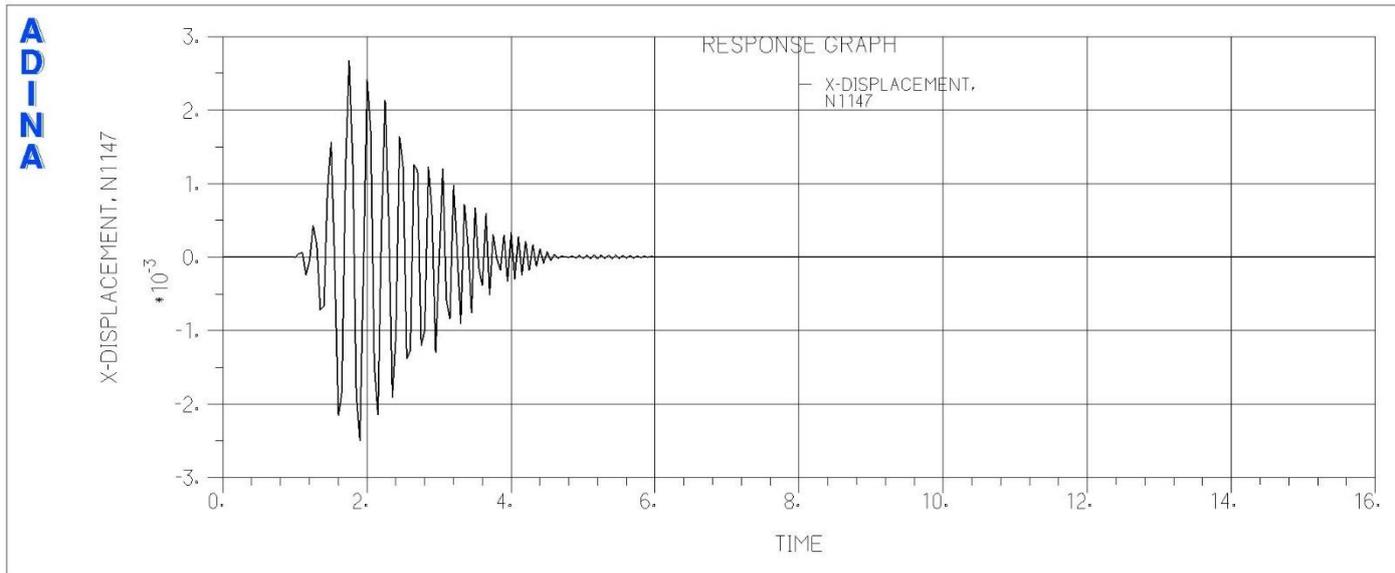


Abbildung 5-120: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

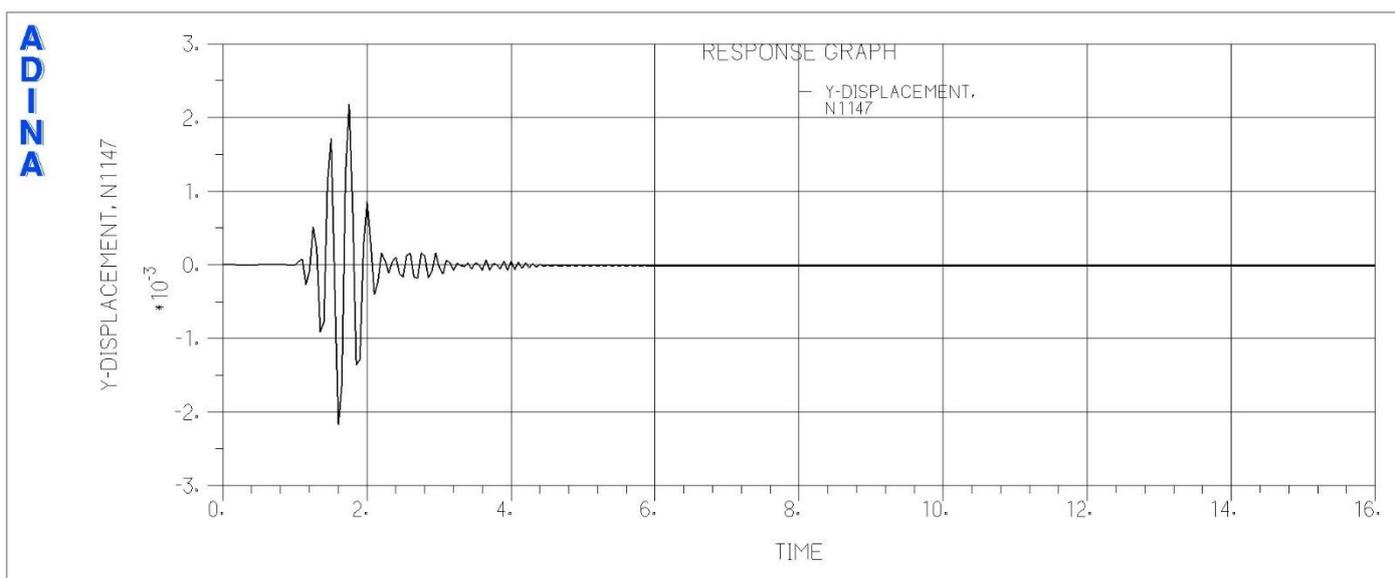


Abbildung 5-121: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit_half1_312

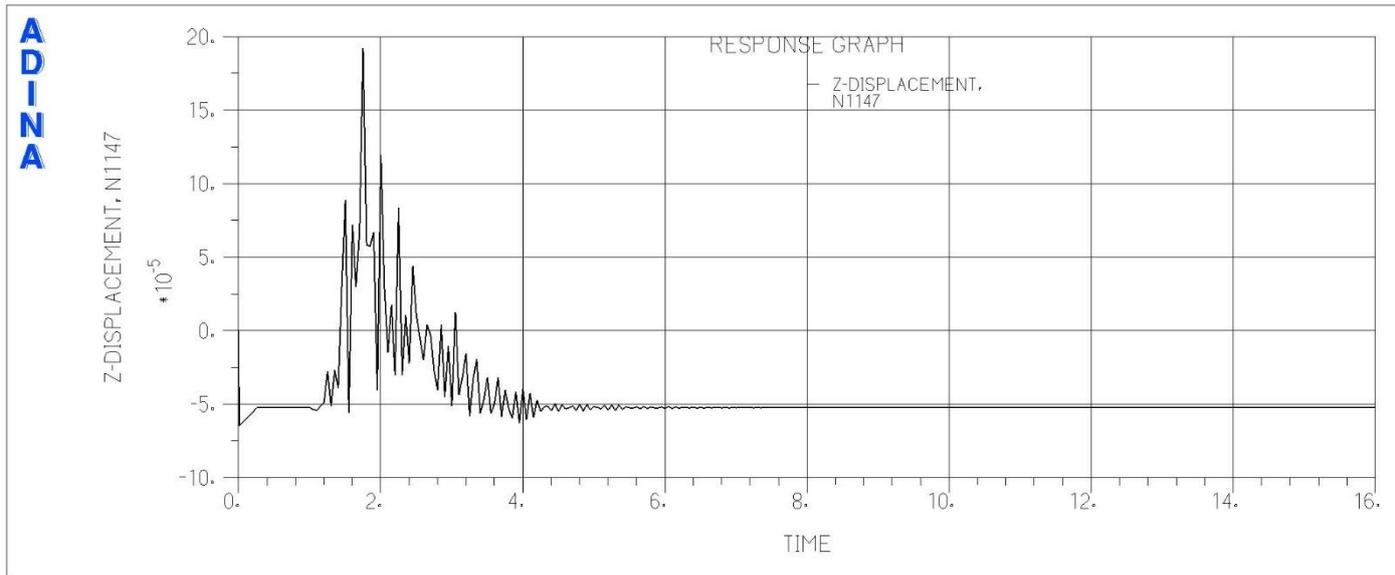


Abbildung 5-122: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_mit halb1_312

5.4.4 EDW: Lagerkräfte Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t

5.4.4.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

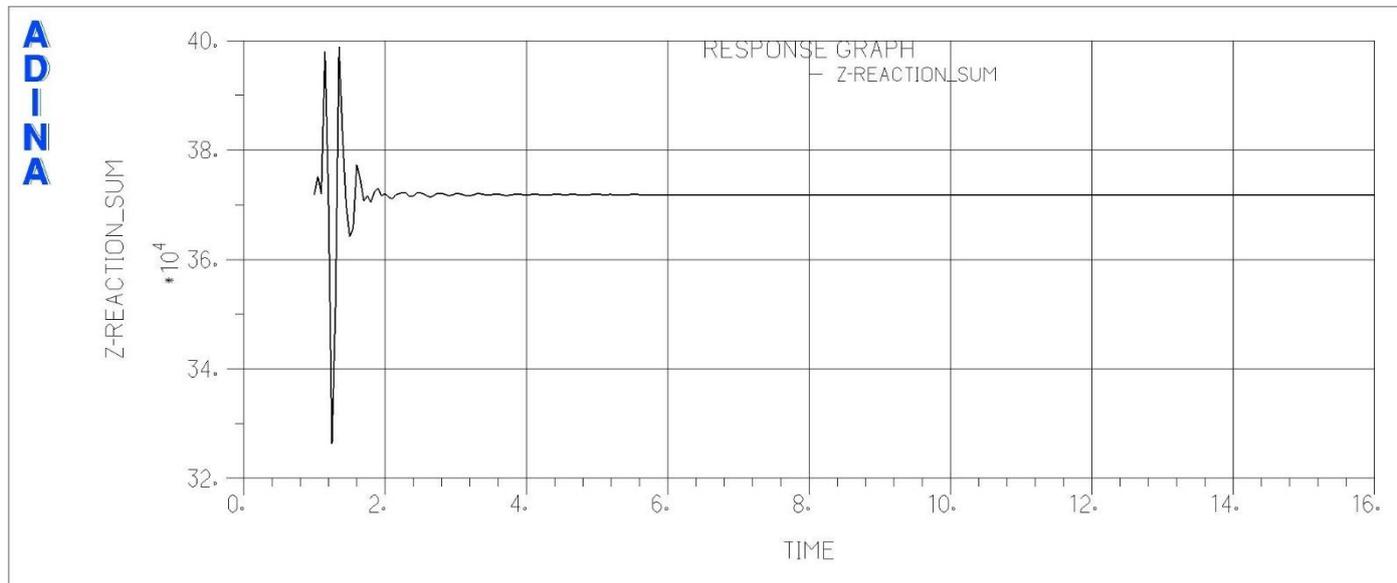


Abbildung 5-123: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_123

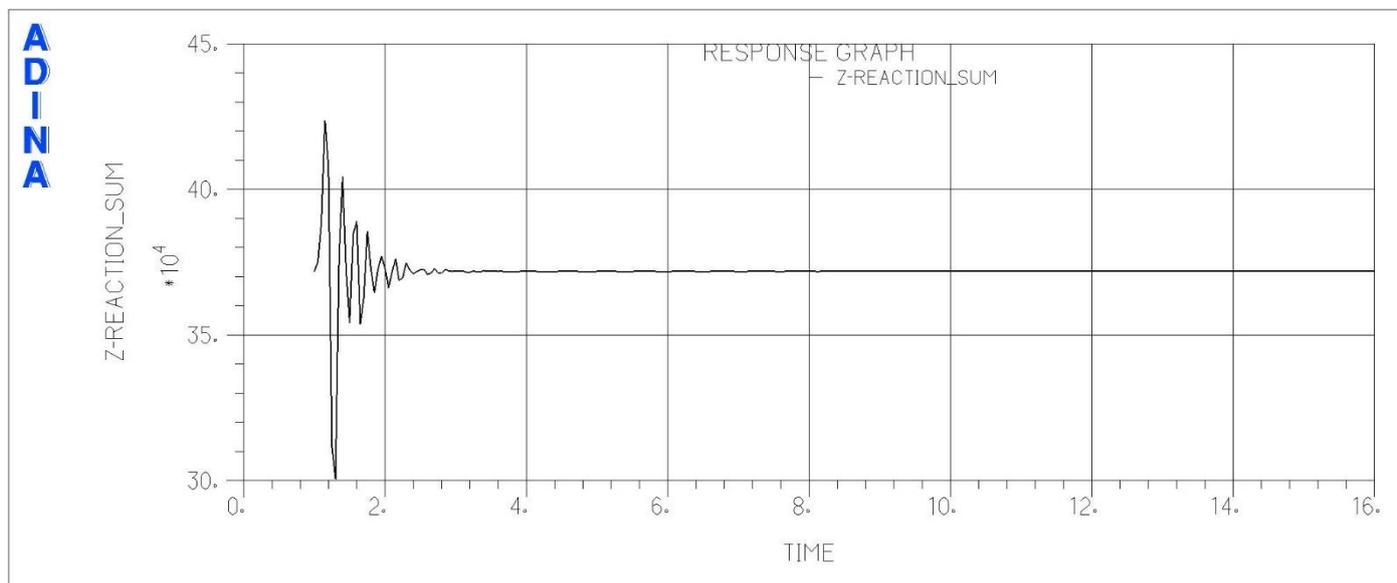
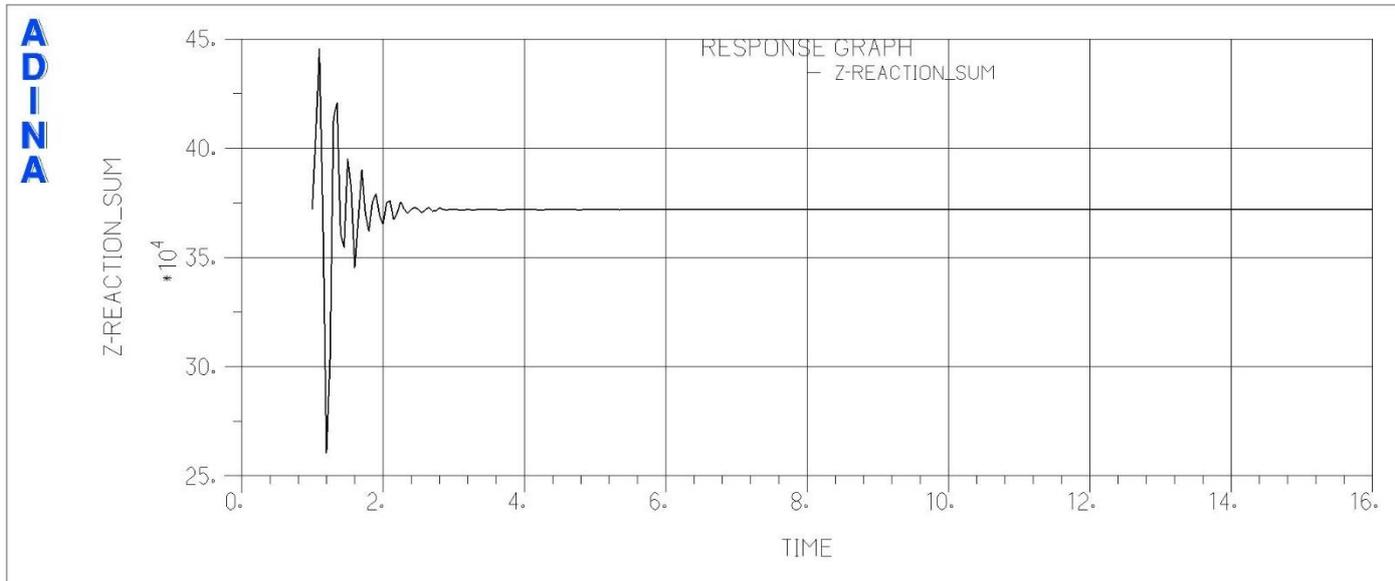
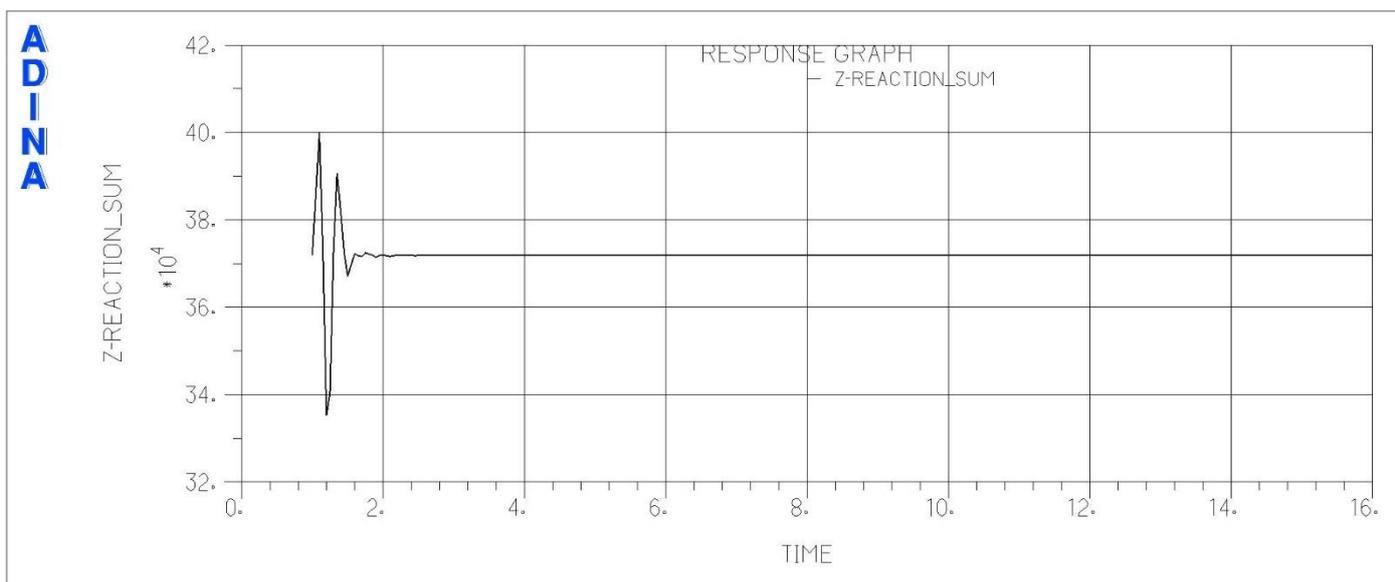


Abbildung 5-124: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_231


Abbildung 5-125: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_312

Abbildung 5-126: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_mit_half2_312

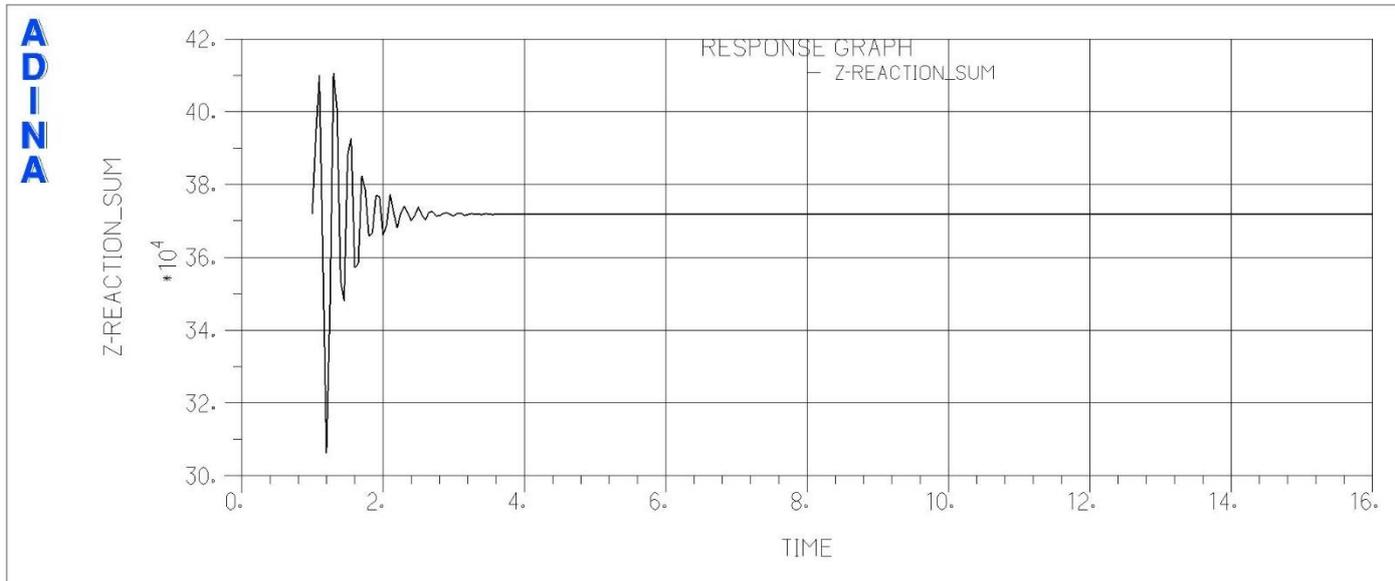


Abbildung 5-127: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_min halb2_312

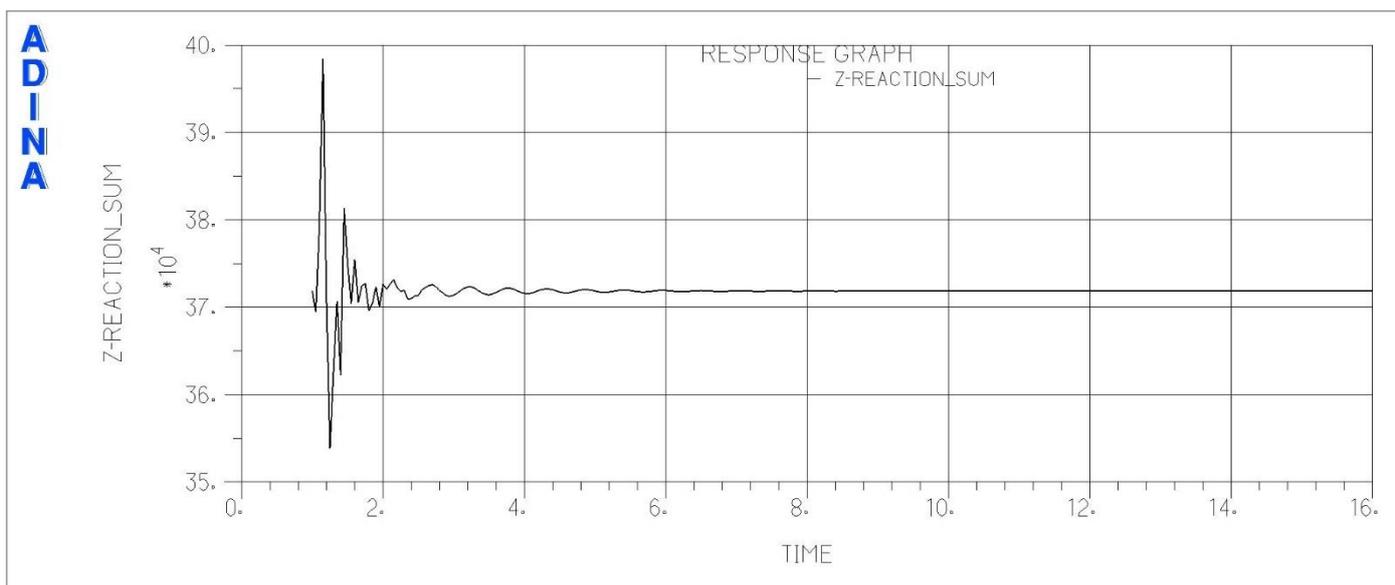


Abbildung 5-128: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit halb1_231

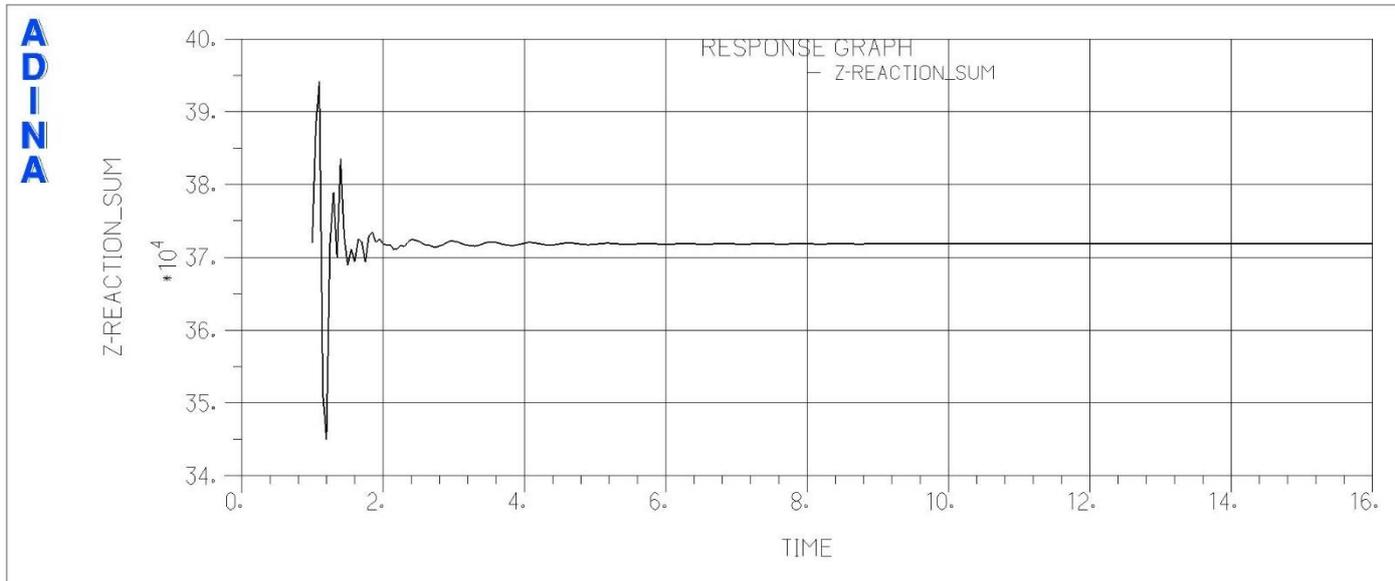


Abbildung 5-129: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit_half1_312

5.4.4.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

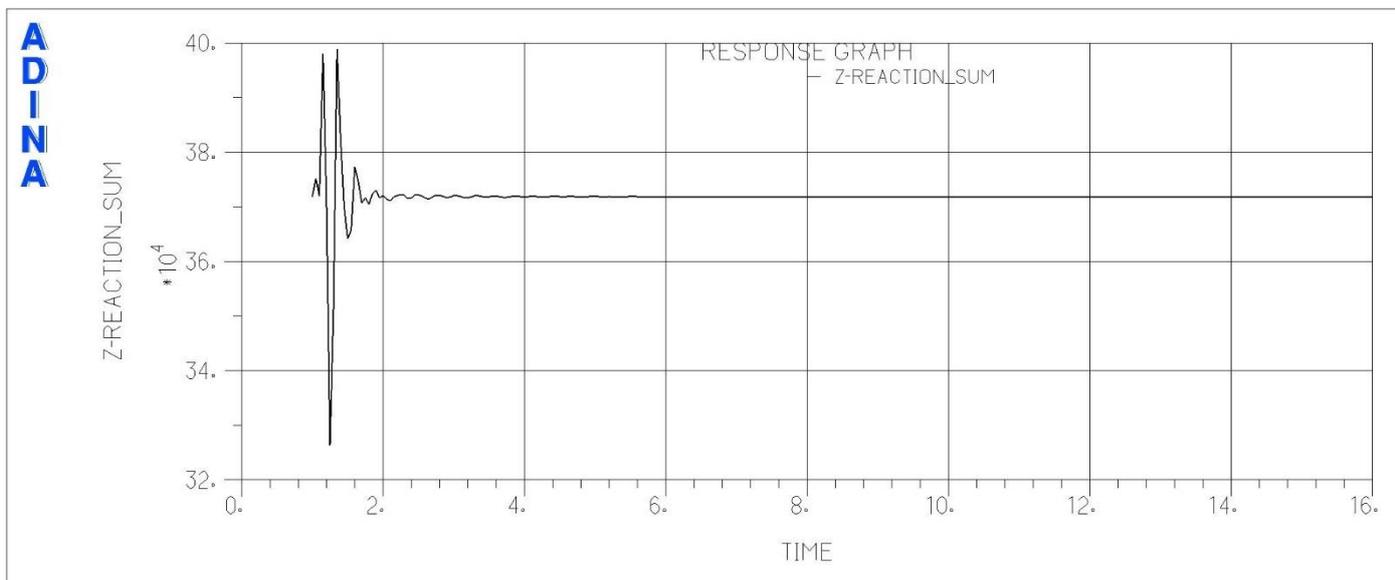
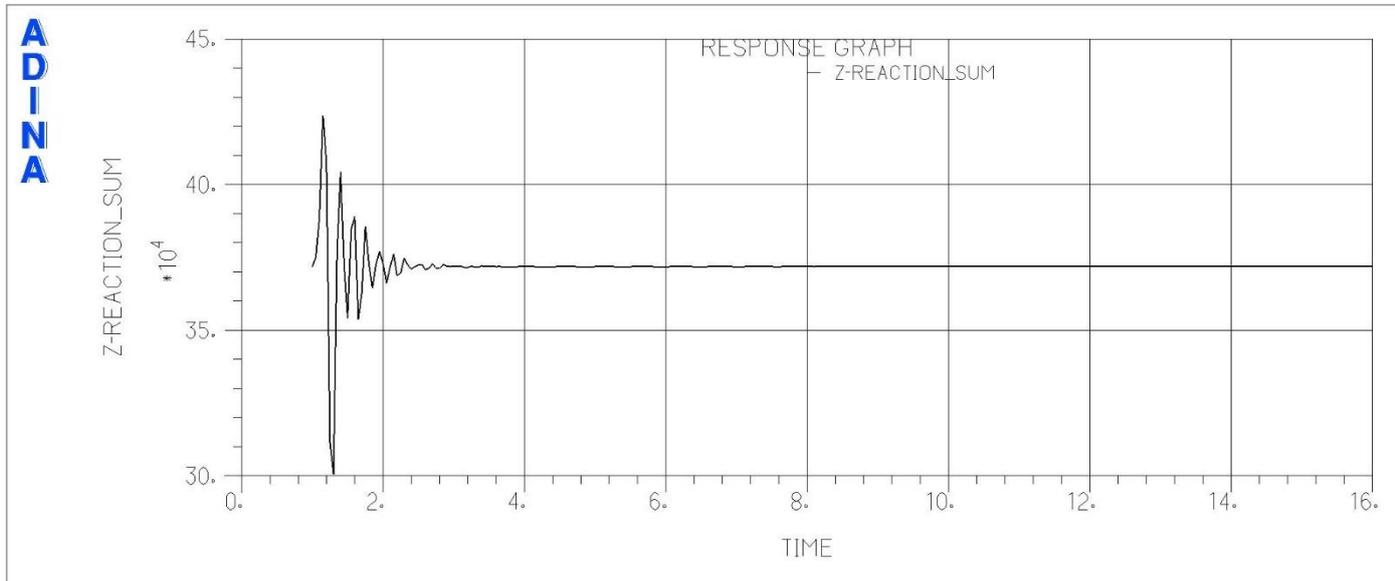
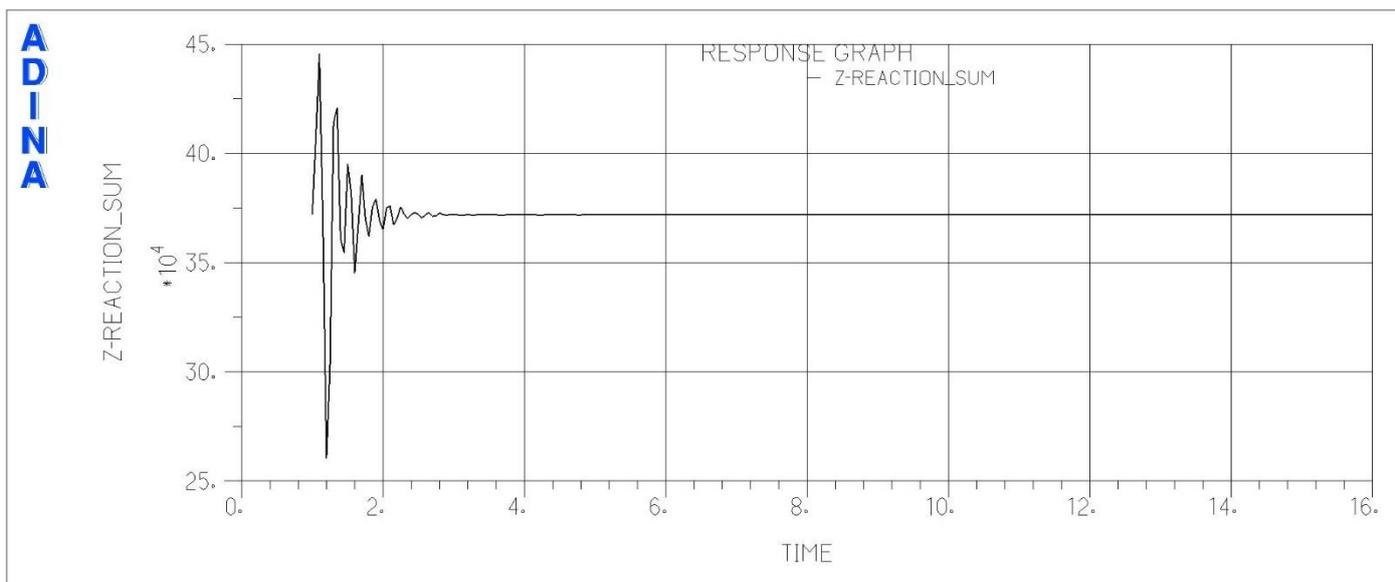
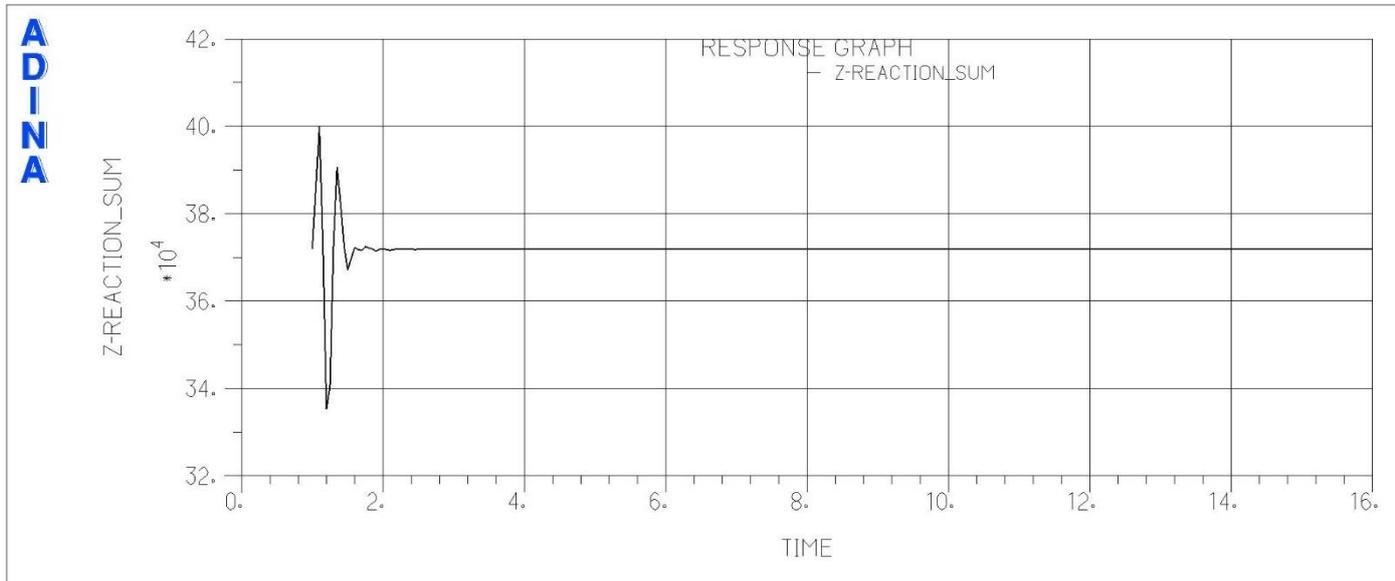
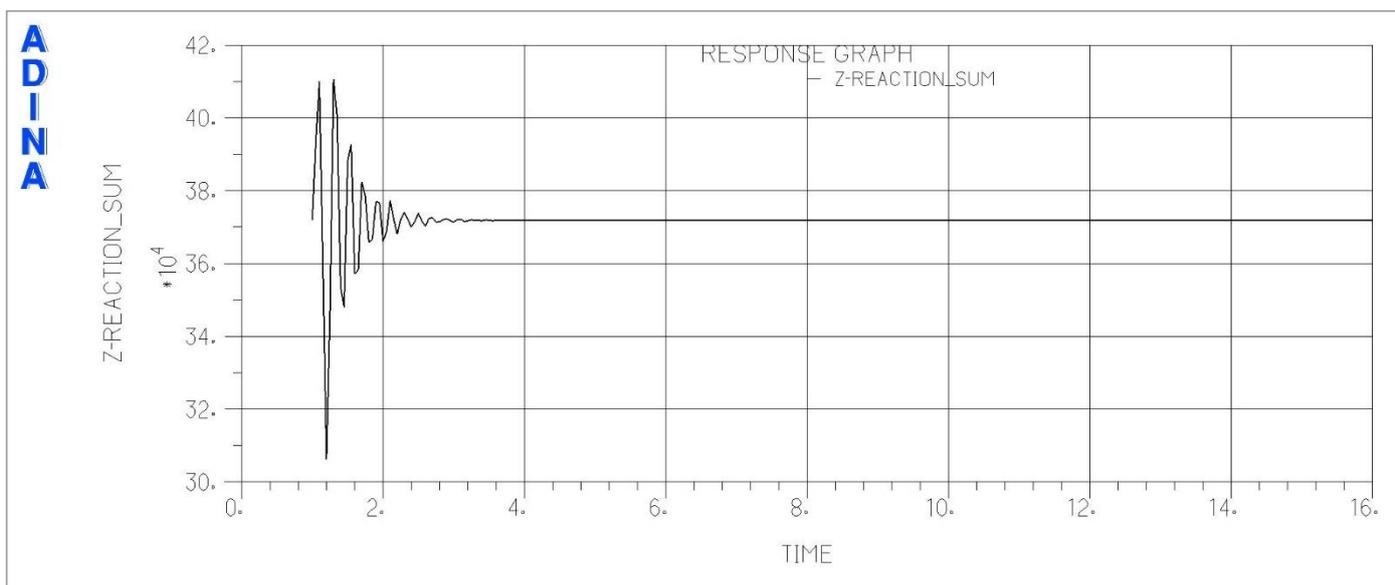
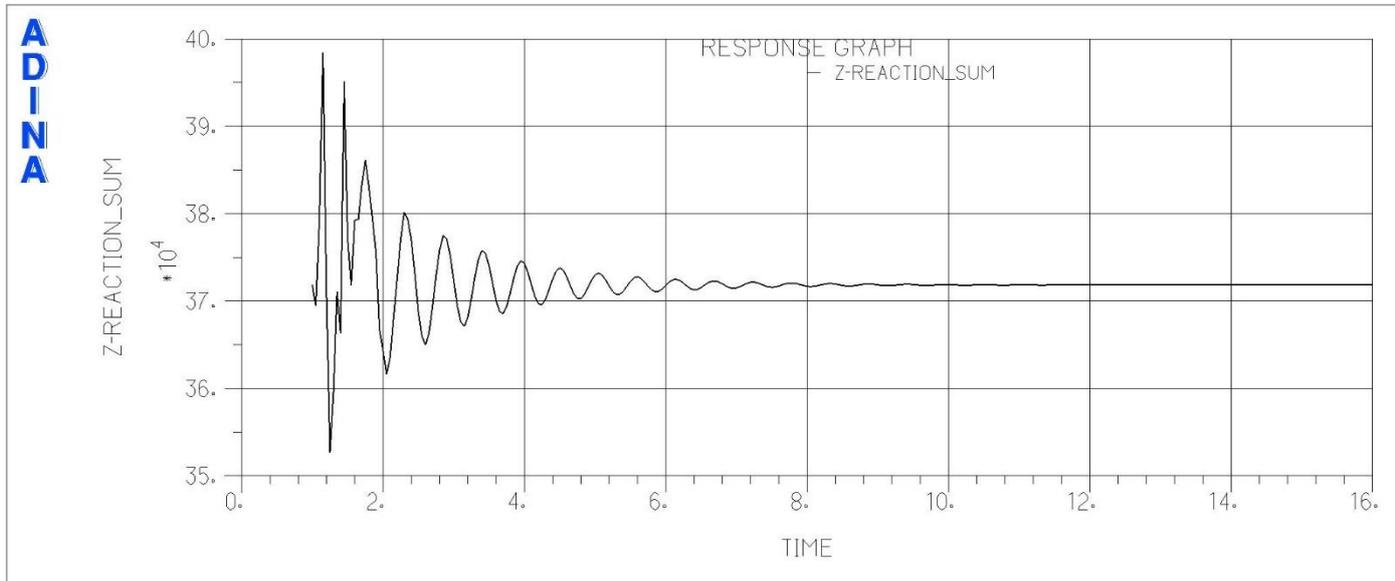
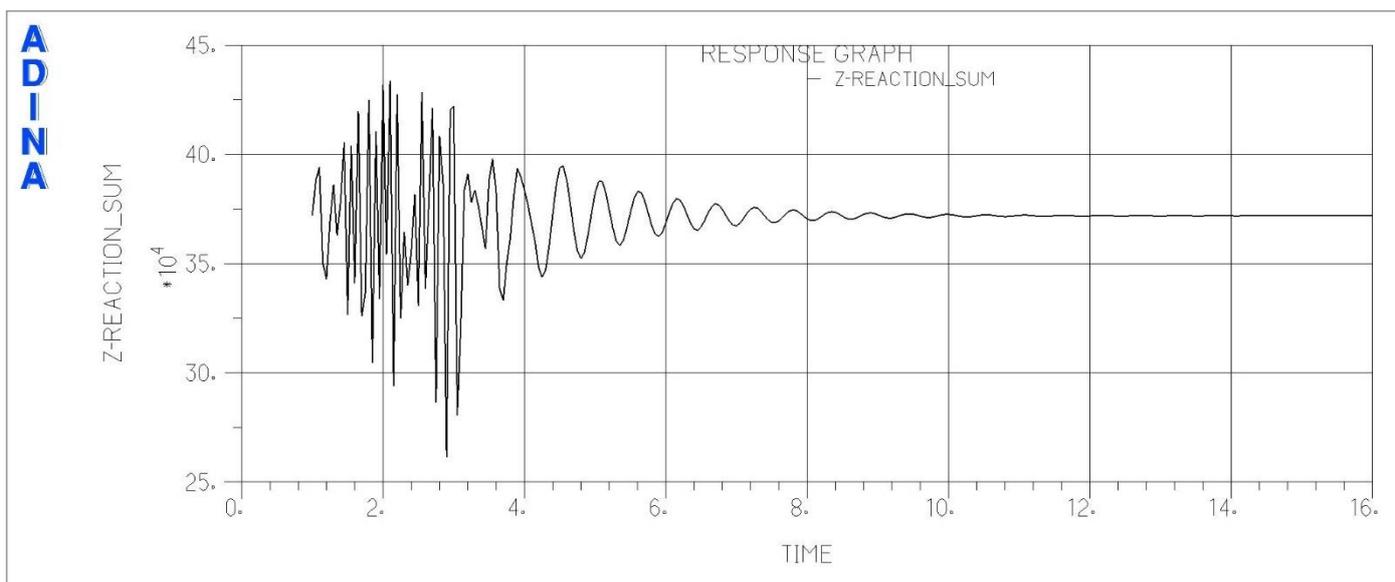


Abbildung 5-130: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_123


Abbildung 5-131: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_231

Abbildung 5-132: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_312


Abbildung 5-133: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_mit halb2_312

Abbildung 5-134: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_min halb2_312


Abbildung 5-135: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit halb1_231

Abbildung 5-136: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit halb1_312

5.4.4.3 Maximale Auflagerkräfte

Tabelle 5-1: EDW: maximale Auflagerkräfte am Fußpunkt der Gebindestapel, Stapelkonstellation 01 im Zeitbereich $t = 1 \text{ s}$ bis $t = 16 \text{ s}$

Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10	
Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20$ / $\mu = 0.10$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_min_leer_123, Knoten 108	400
B1_min-leer_213, Knoten 108	420
B1_min_leer_312, Knoten 108	450
B1_mit_half2_312, Knoten 108	400
B2_min_half2_312, Knoten 104	410
B2_mit_half1_231, Knoten 104	400
B2_mit_half1_312, Knoten 103	395
Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10	
Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60$ / $\mu = 0.20$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_min_leer_123, Knoten 108	400
B1_min-leer_213, Knoten 108	420
B1_min_leer_312, Knoten 108	450
B1_mit_half2_312, Knoten 108	400
B2_min_half2_312, Knoten 104	410
B2_mit_half1_231, Knoten 104	395
B2_mit_half1_312, Knoten 103	420

5.4.5 EDW: Lagerkräfte Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t

5.4.5.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

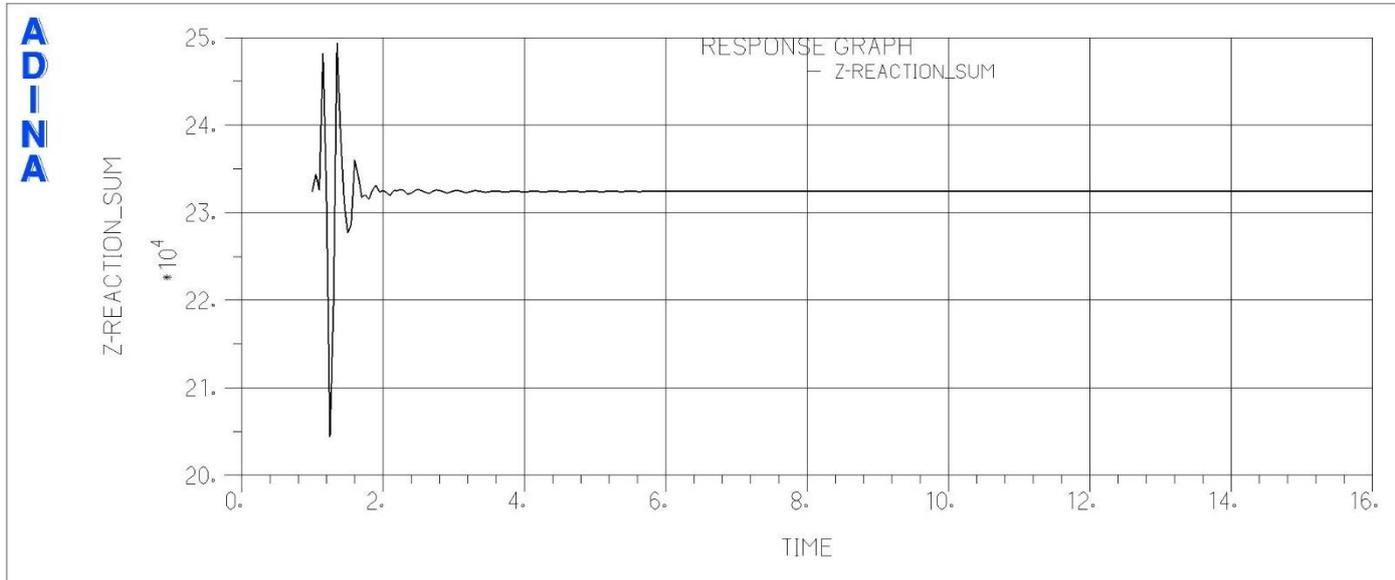


Abbildung 5-137: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_123

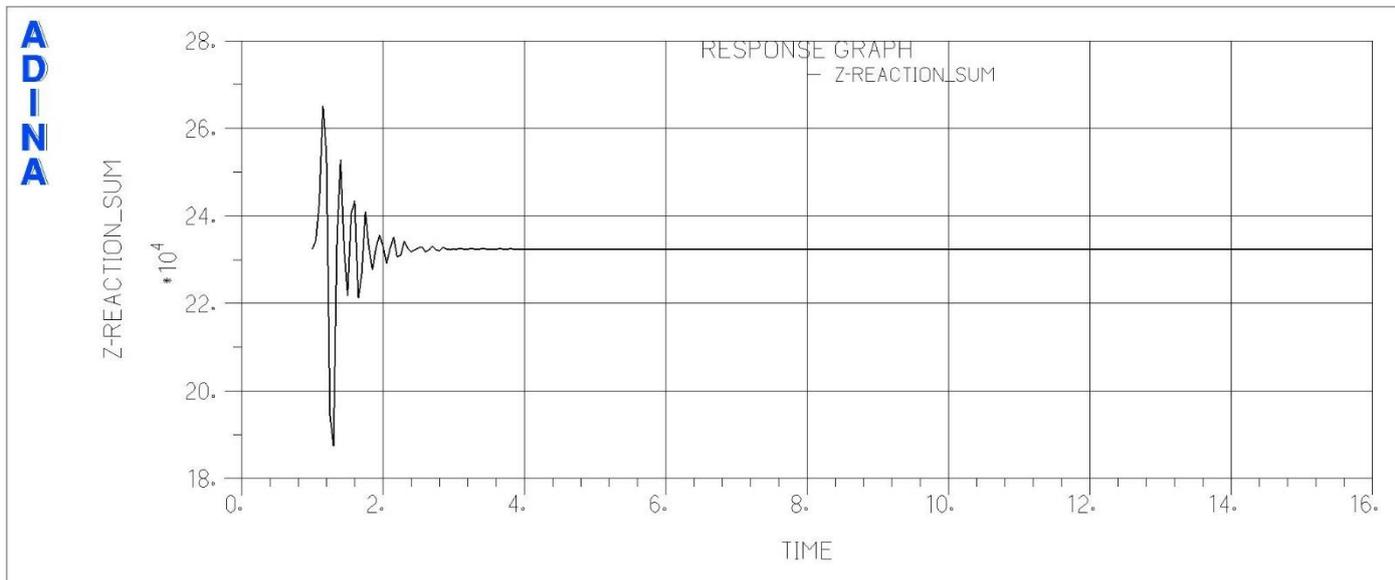
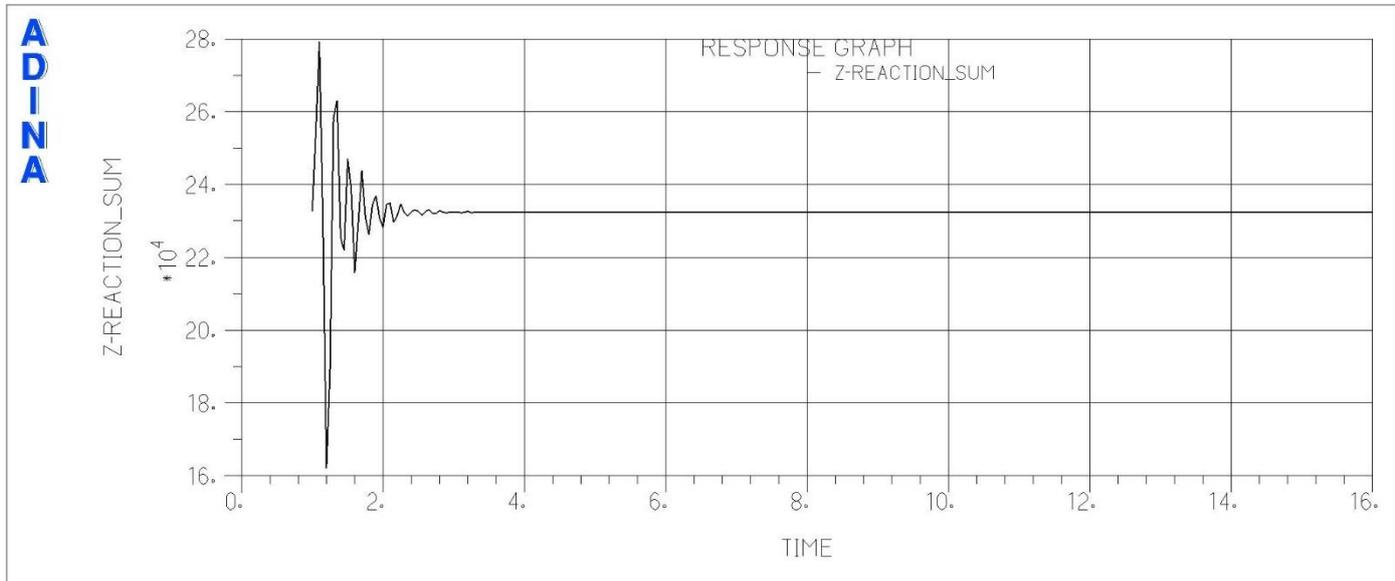
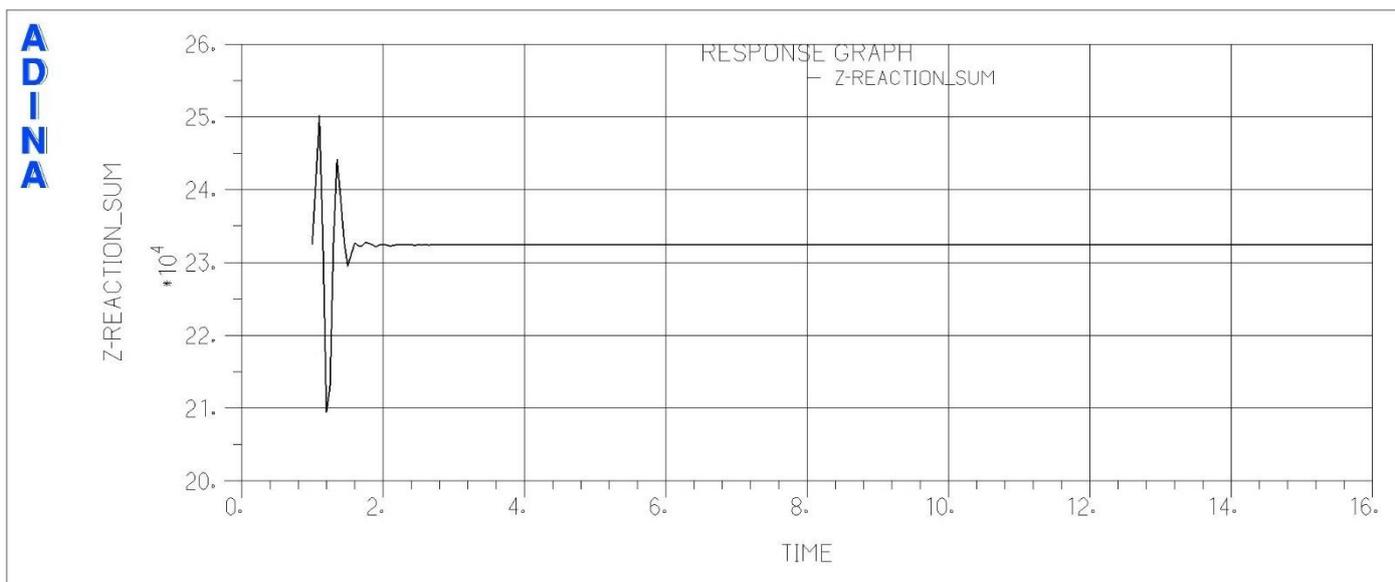


Abbildung 5-138: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_231


Abbildung 5-139: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_312

Abbildung 5-140: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_mit halb2_312

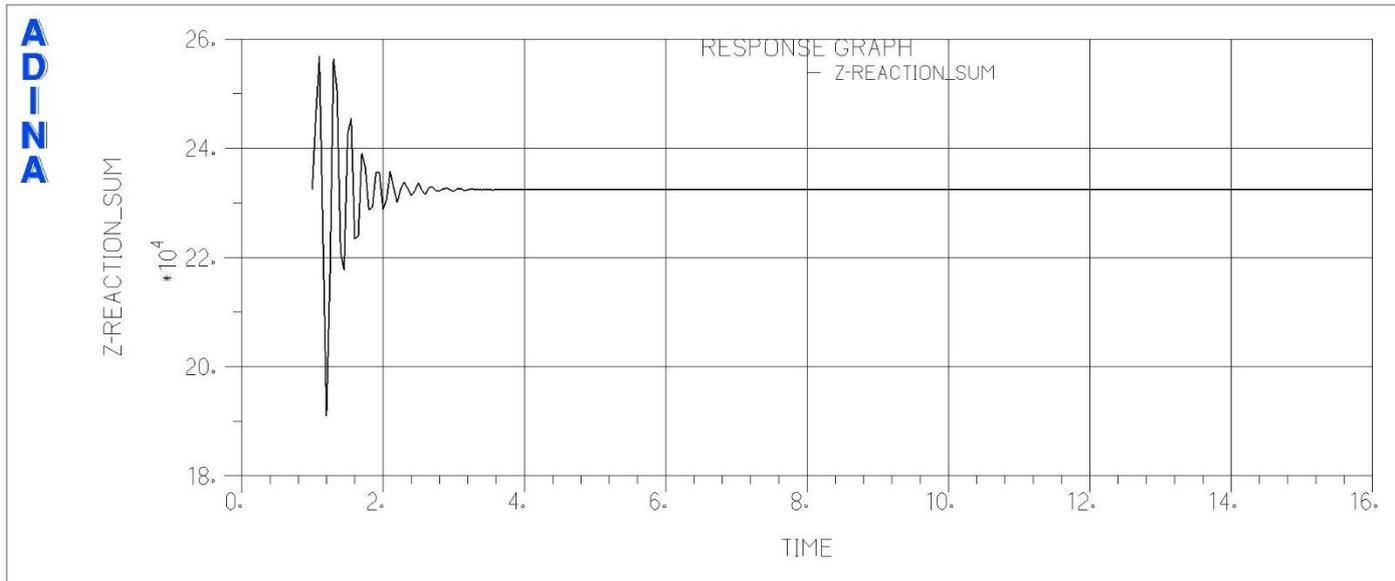


Abbildung 5-141: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_min halb2_312

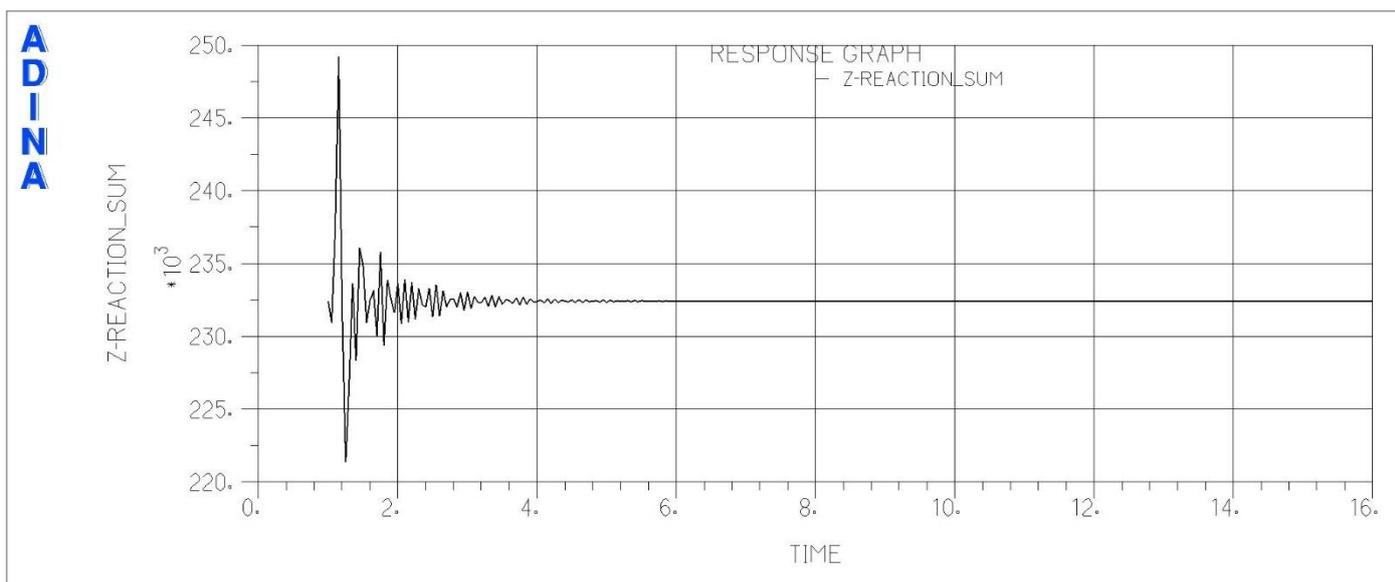


Abbildung 5-142: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit halb1_231

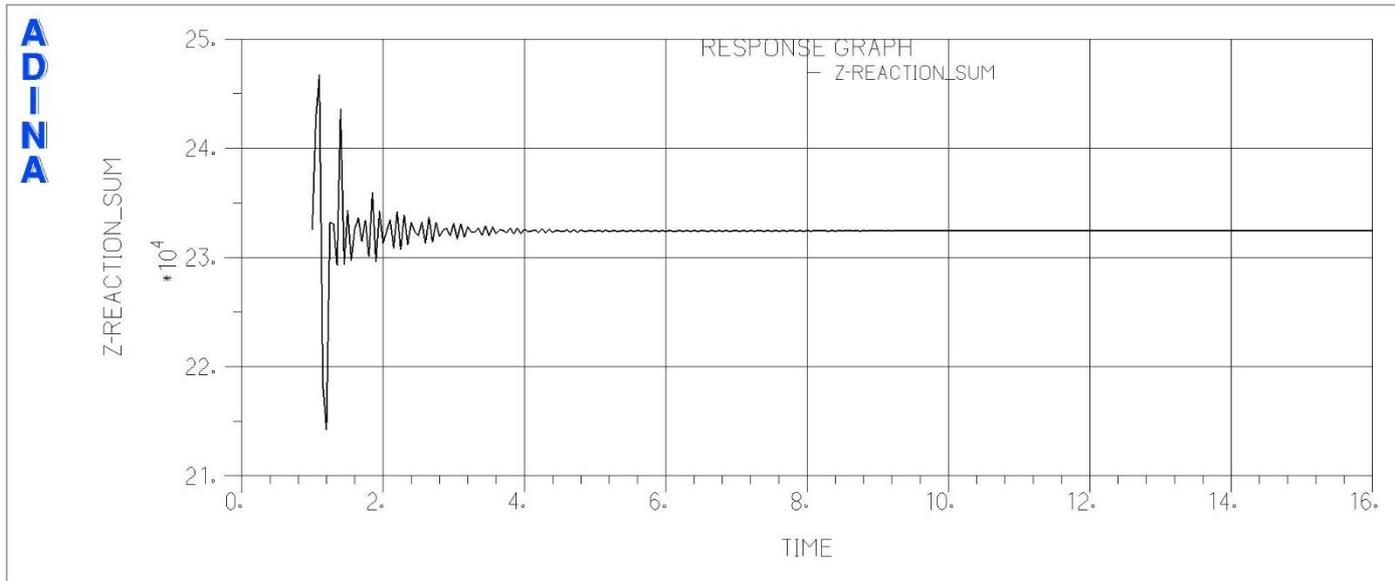


Abbildung 5-143: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit_half1_312

5.4.5.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

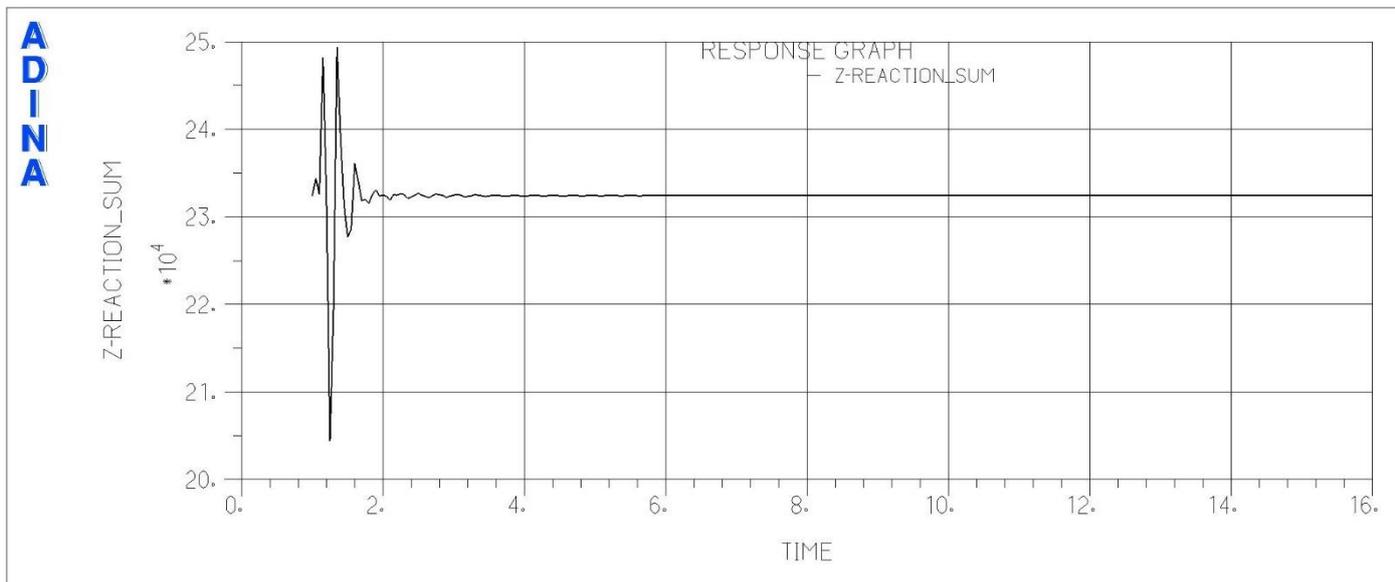
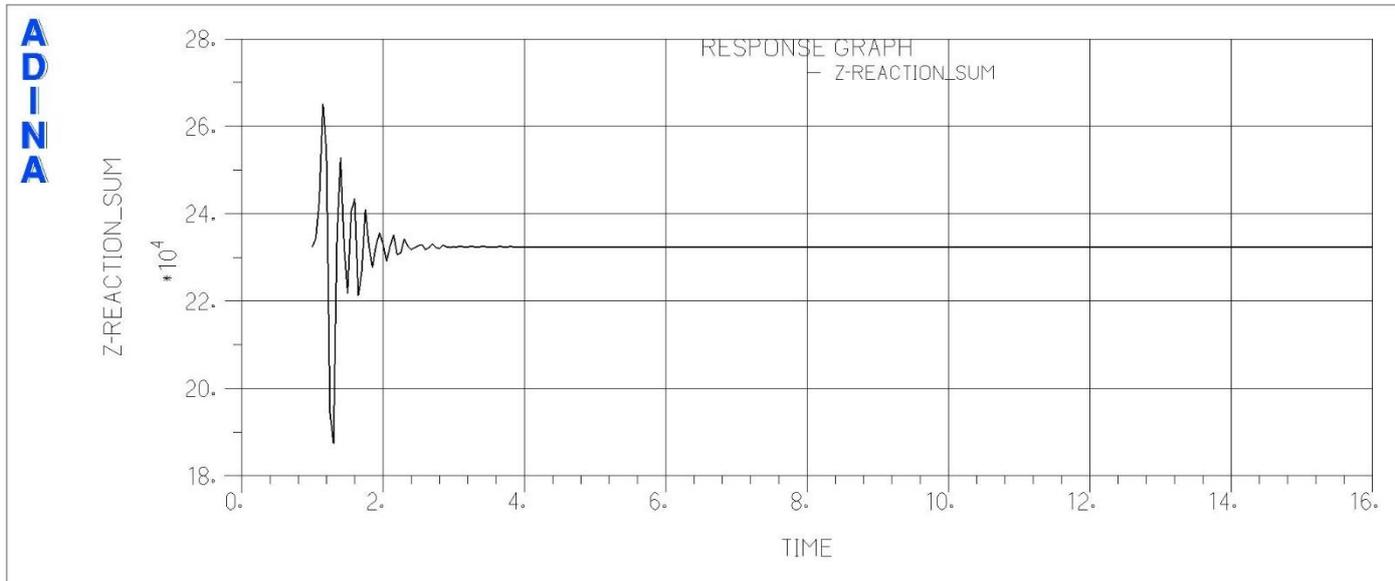
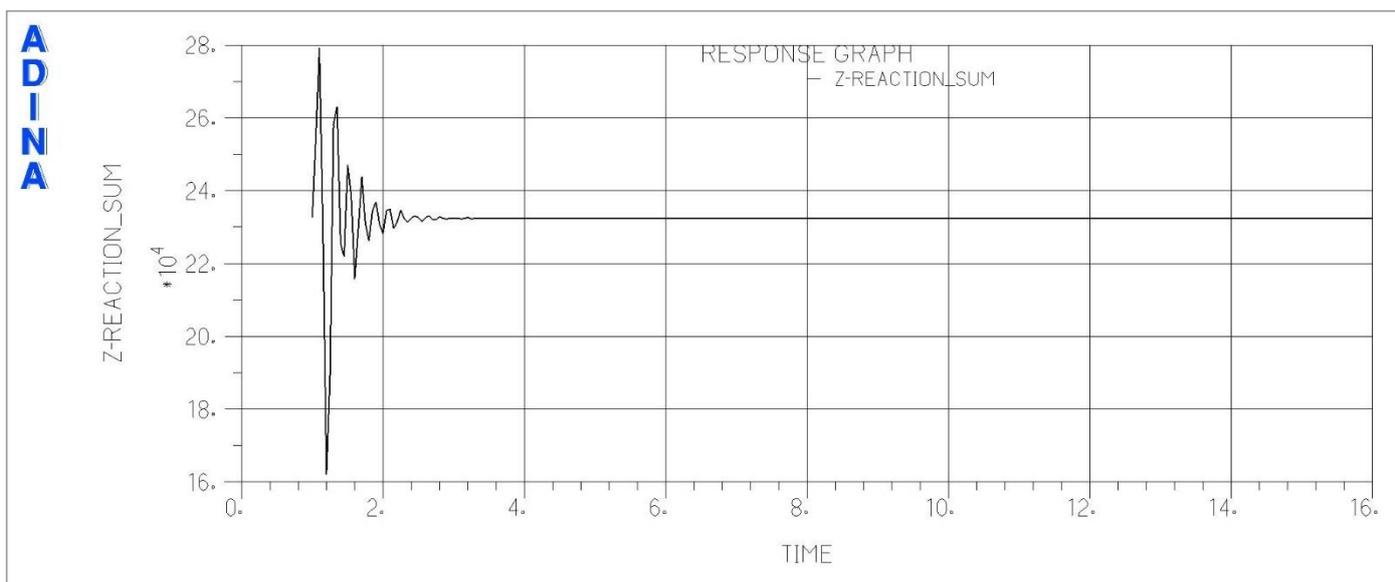
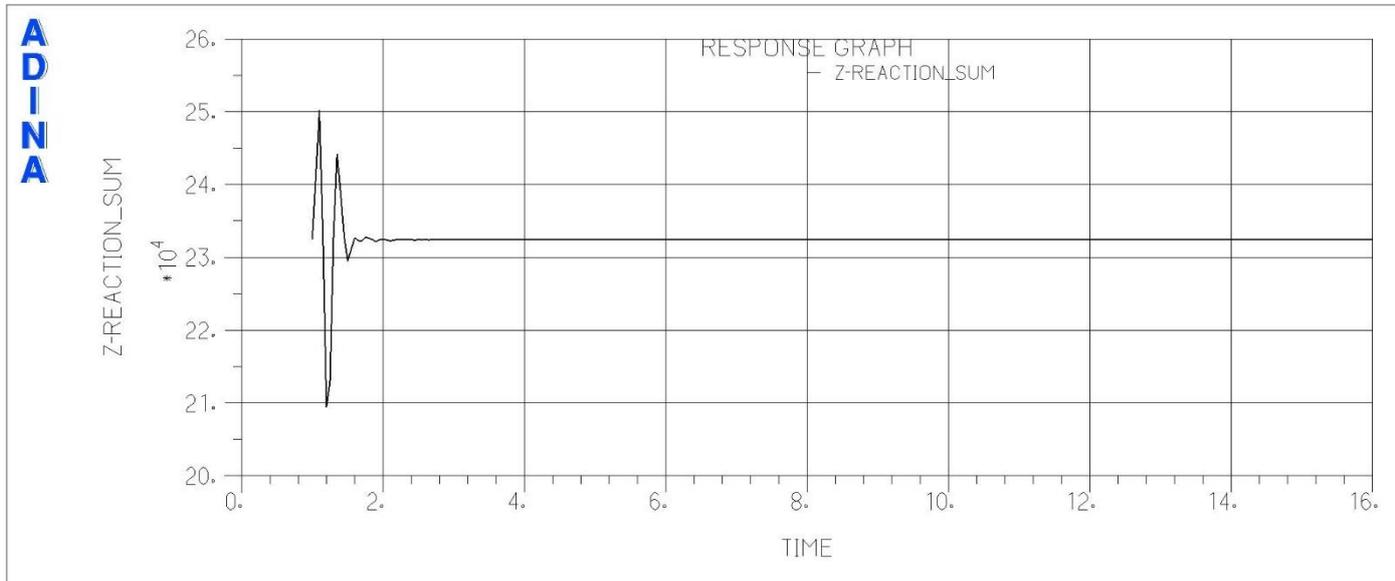
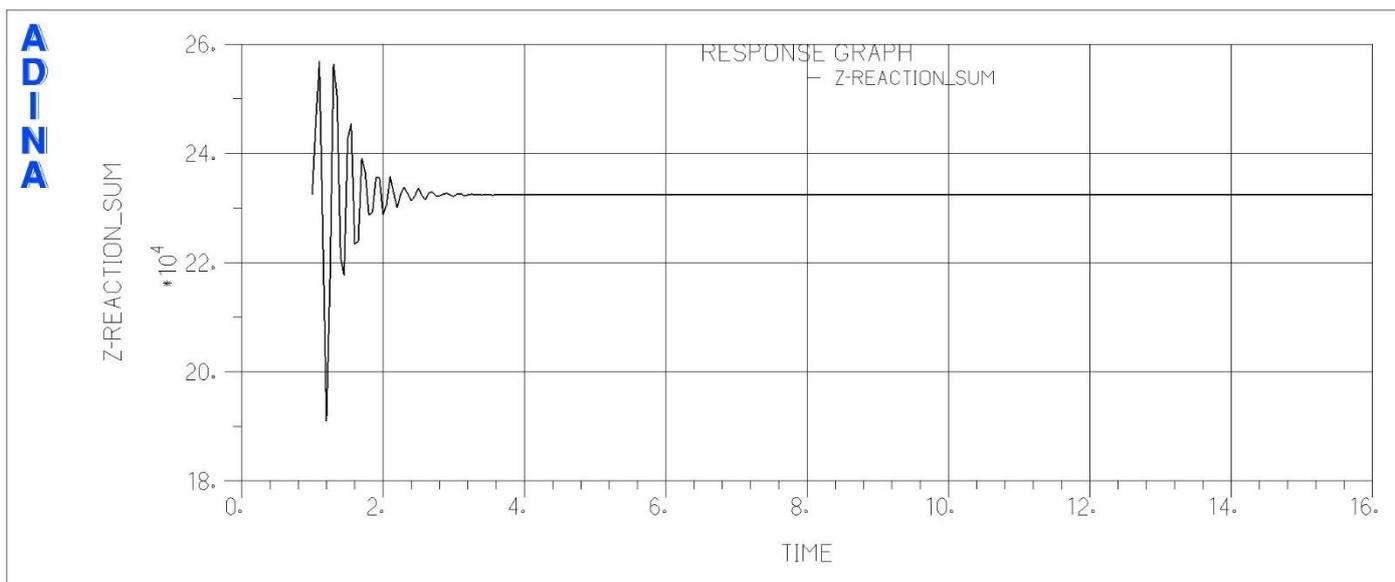
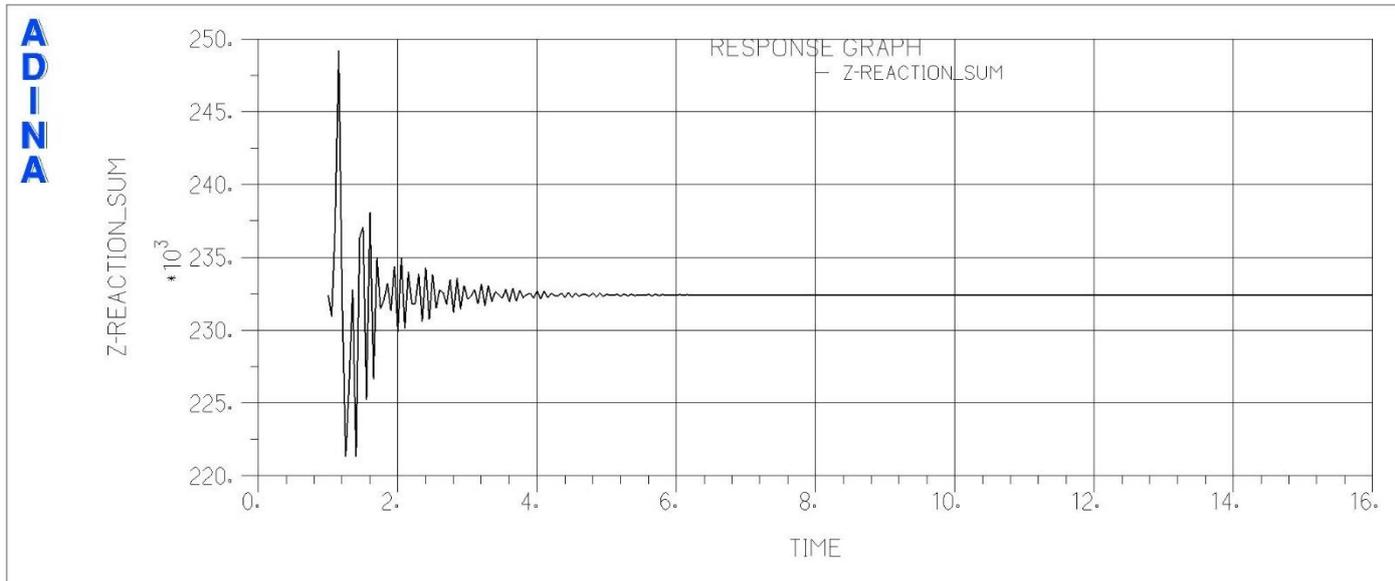
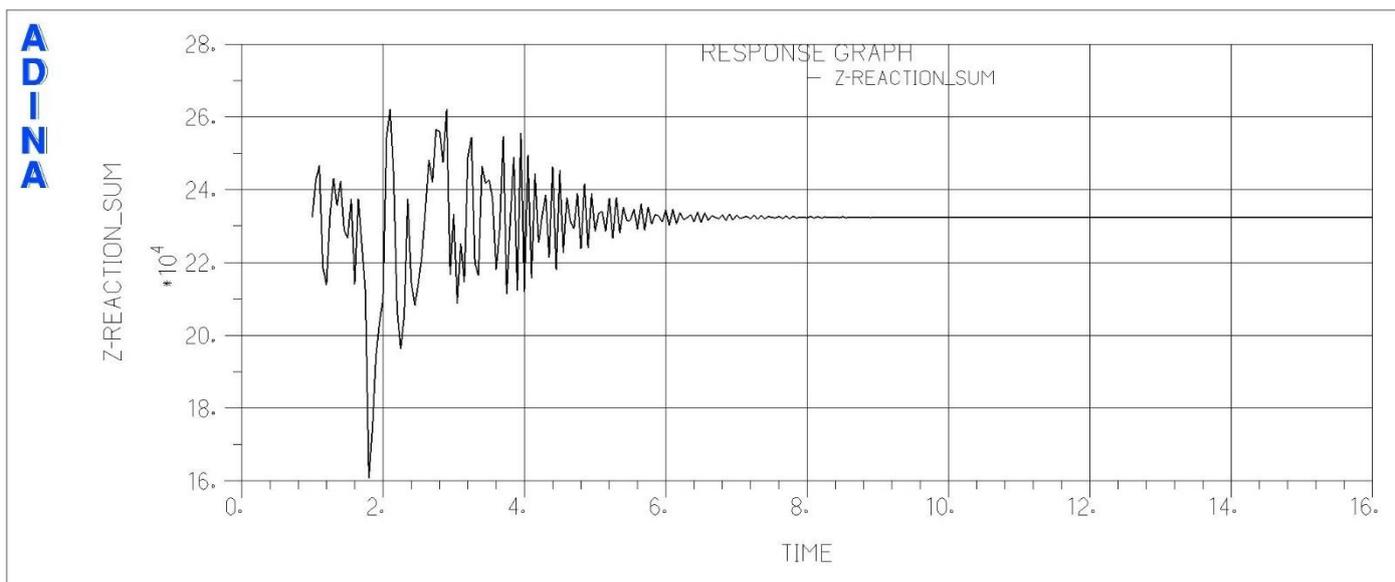


Abbildung 5-144: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_123


Abbildung 5-145: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_231

Abbildung 5-146: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_min_leer_312


Abbildung 5-147: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_mit halb2_312

Abbildung 5-148: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_min halb2_312


Abbildung 5-149: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit_half1_231

Abbildung 5-150: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_mit_half1_312

5.4.5.3 Maximale Auflagerkräfte

**Tabelle 5-2: EDW: maximale Auflagerkräfte am Fußpunkt der Gebindestapel, Stapelkonstellation 02
im Zeitbereich $t = 1 \text{ s}$ bis $t = 16 \text{ s}$**

Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10 Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20$ / $\mu = 0.10$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_min_leer_123, Knoten 108	250
B1_min-leer_213, Knoten 108	265
B1_min_leer_312, Knoten 108	280
B1_mit_half2_312, Knoten 108	250
B2_min_half2_312, Knoten 104	255
B2_mit_half1_231, Knoten 104	250
B2_mit_half1_312, Knoten 103	245
Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10 Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60$ / $\mu = 0.20$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_min_leer_123, Knoten 108	250
B1_min-leer_213, Knoten 108	265
B1_min_leer_312, Knoten 108	280
B1_mit_half2_312, Knoten 108	250
B2_min_half2_312, Knoten 104	255
B2_mit_half1_231, Knoten 104	250
B2_mit_half1_312, Knoten 103	260

5.5 Ergebnisse 1.2 x BEB

5.5.1 BEB: Verschiebungen Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t

5.5.1.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

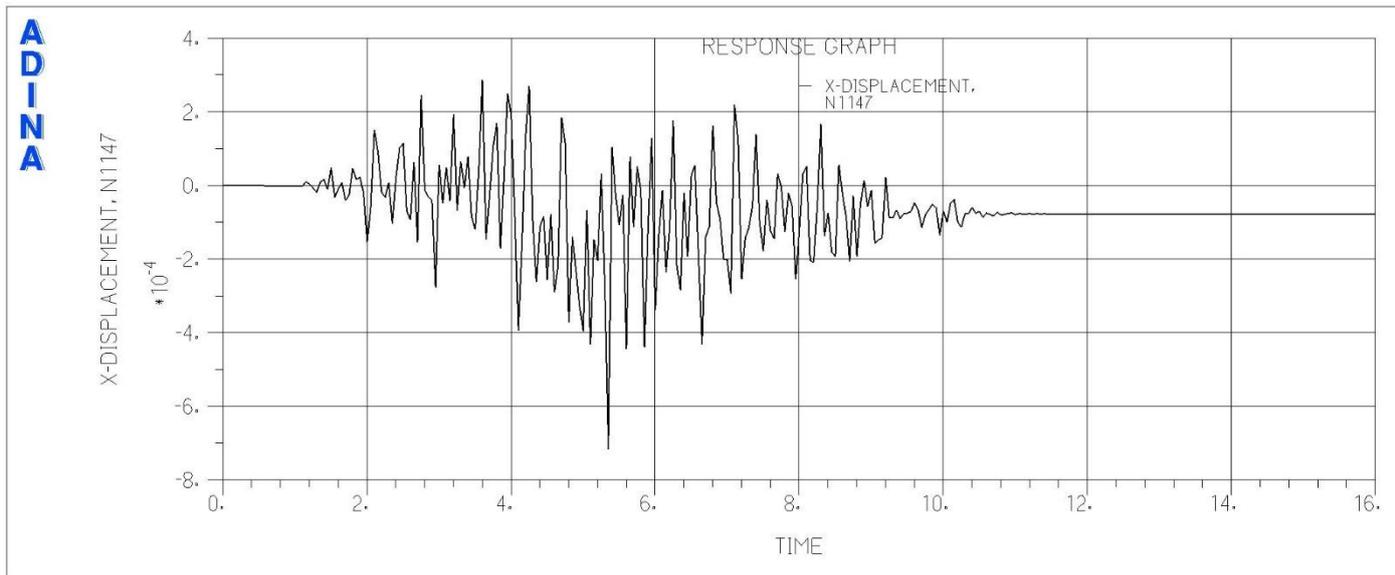


Abbildung 5-151: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

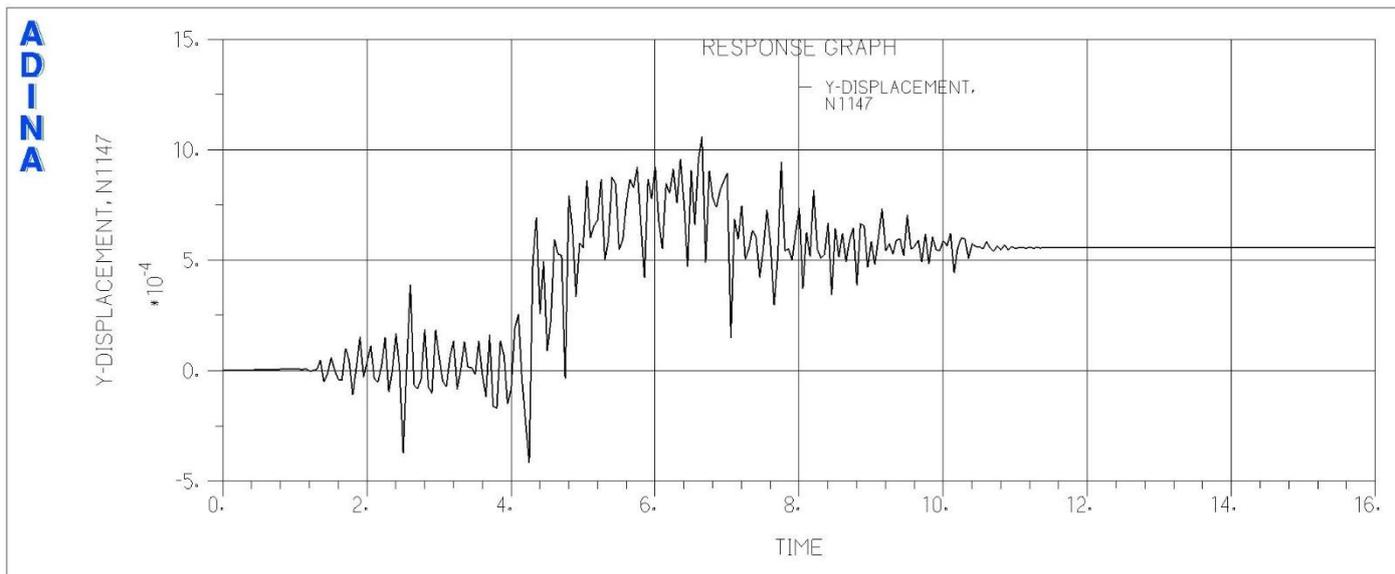


Abbildung 5-152: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

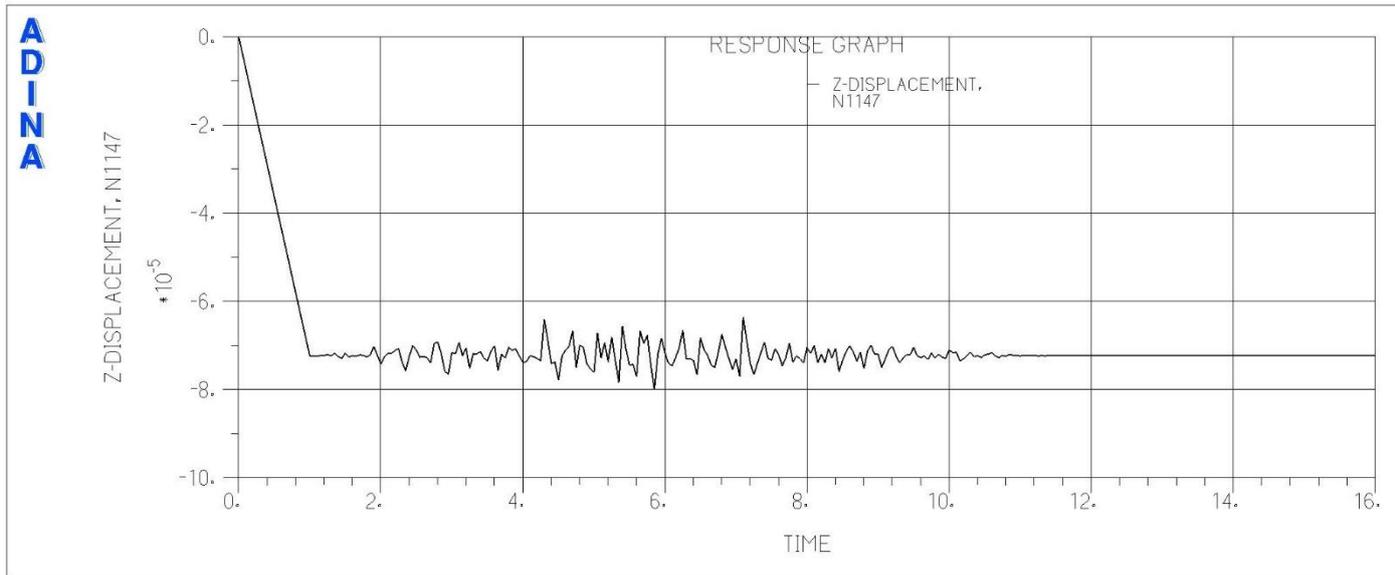


Abbildung 5-153: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

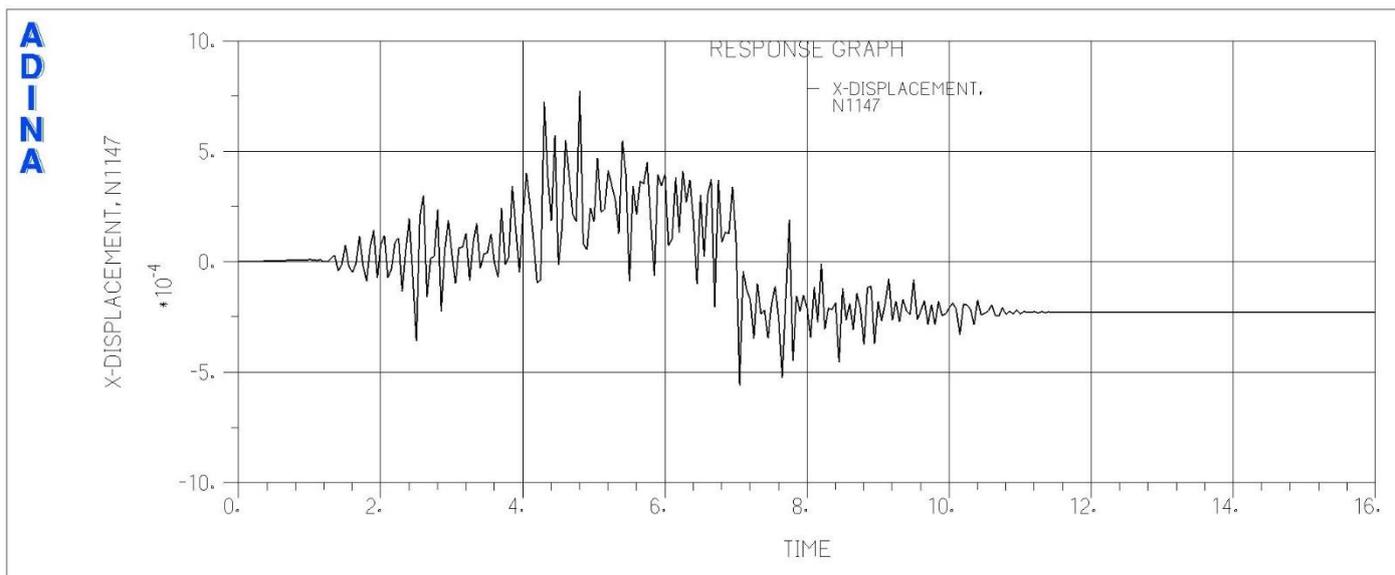


Abbildung 5-154: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

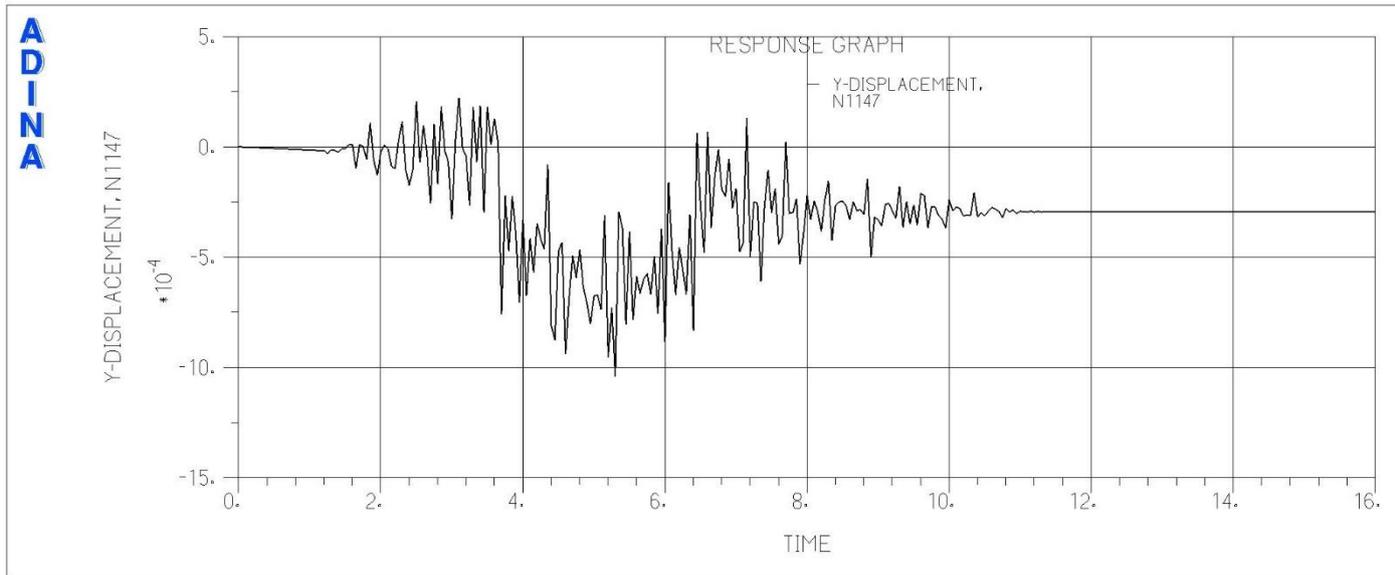


Abbildung 5-155: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

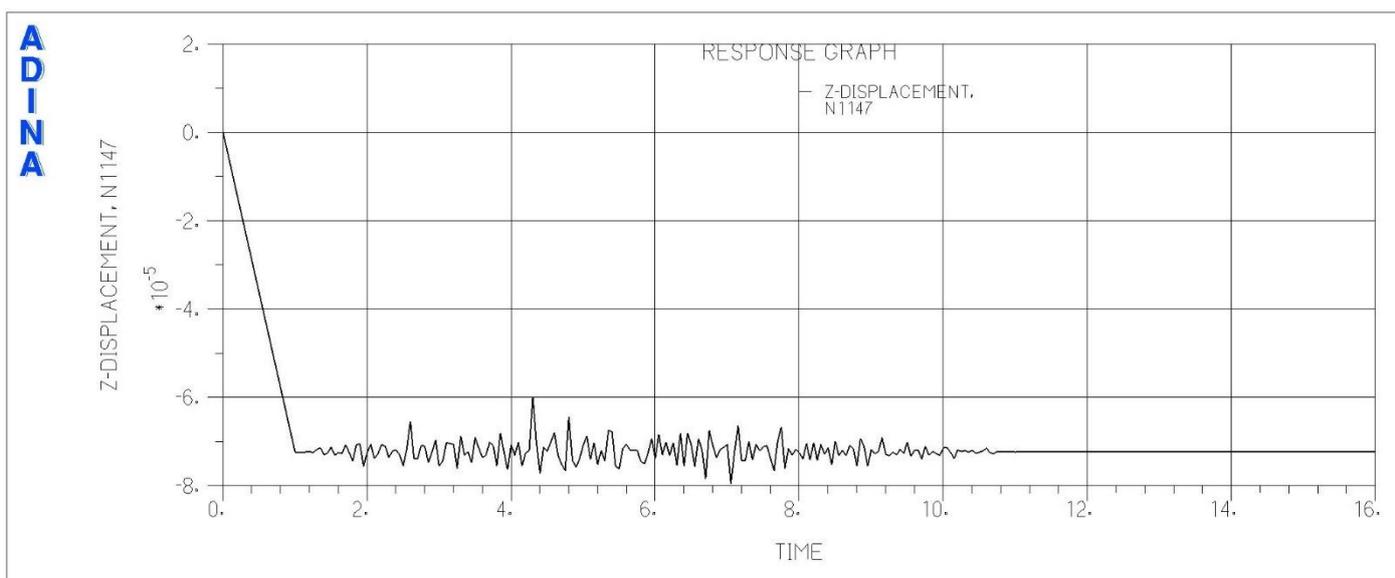


Abbildung 5-156: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

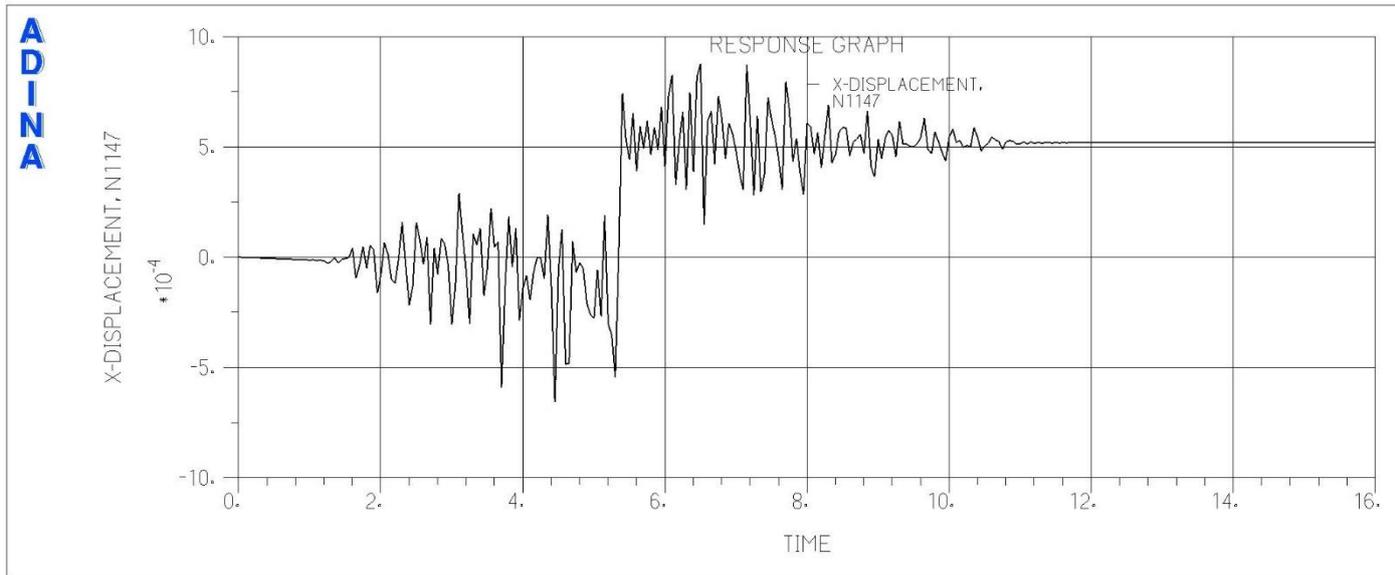


Abbildung 5-157: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

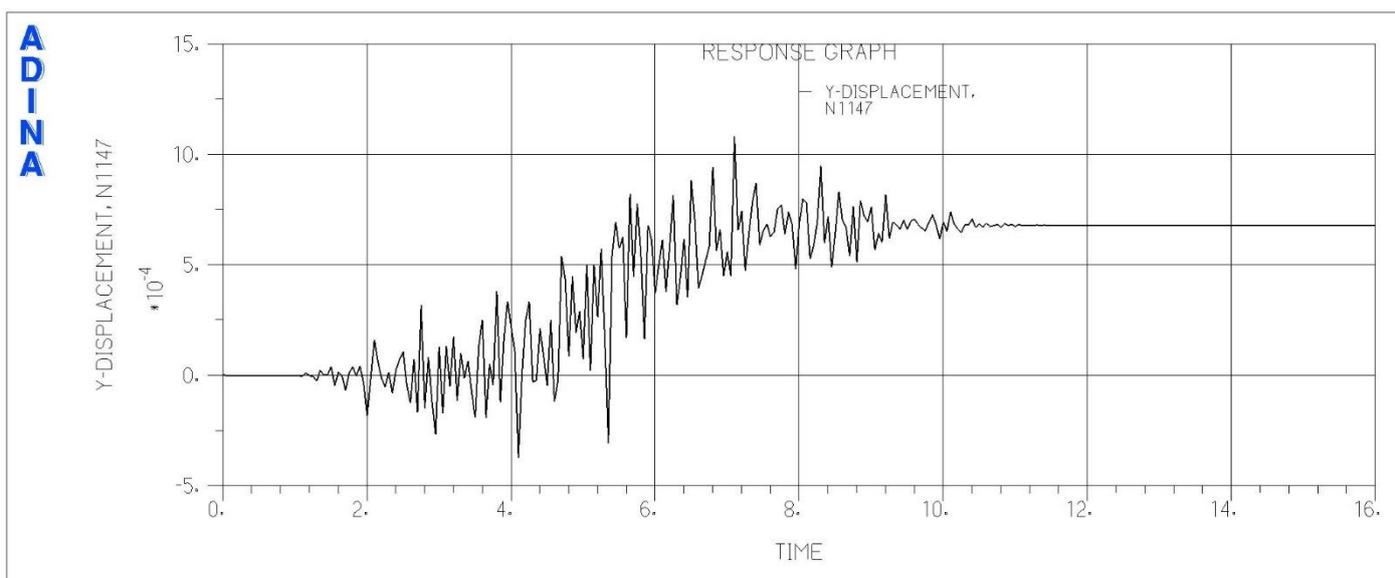


Abbildung 5-158: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

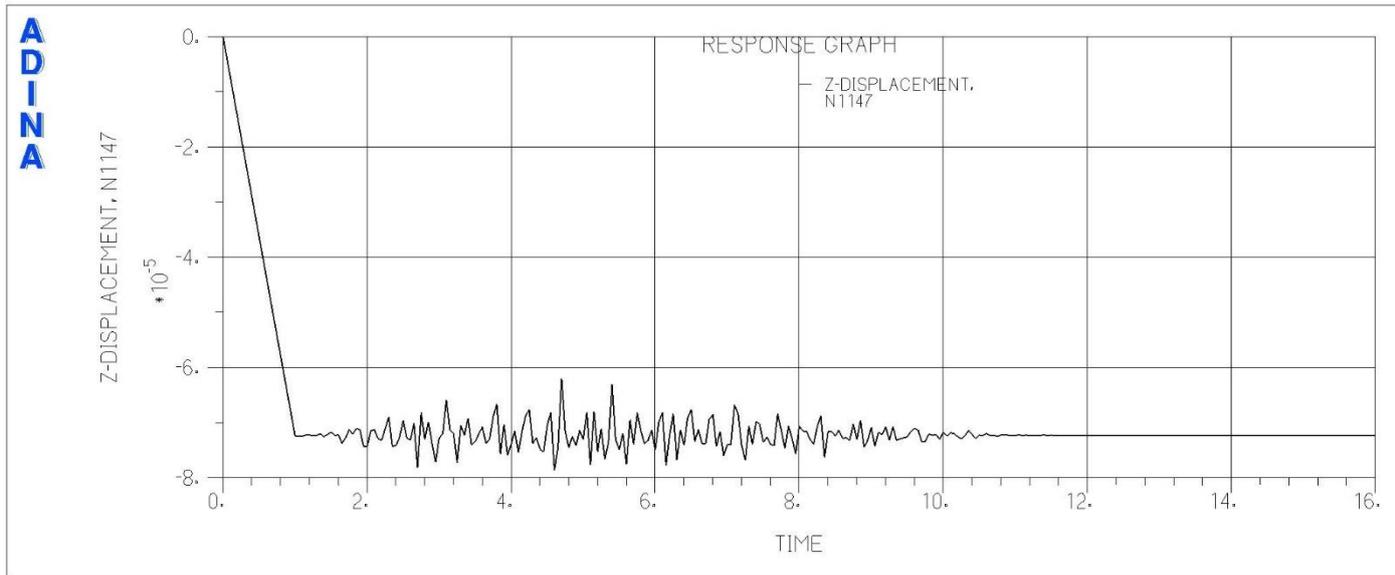


Abbildung 5-159: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

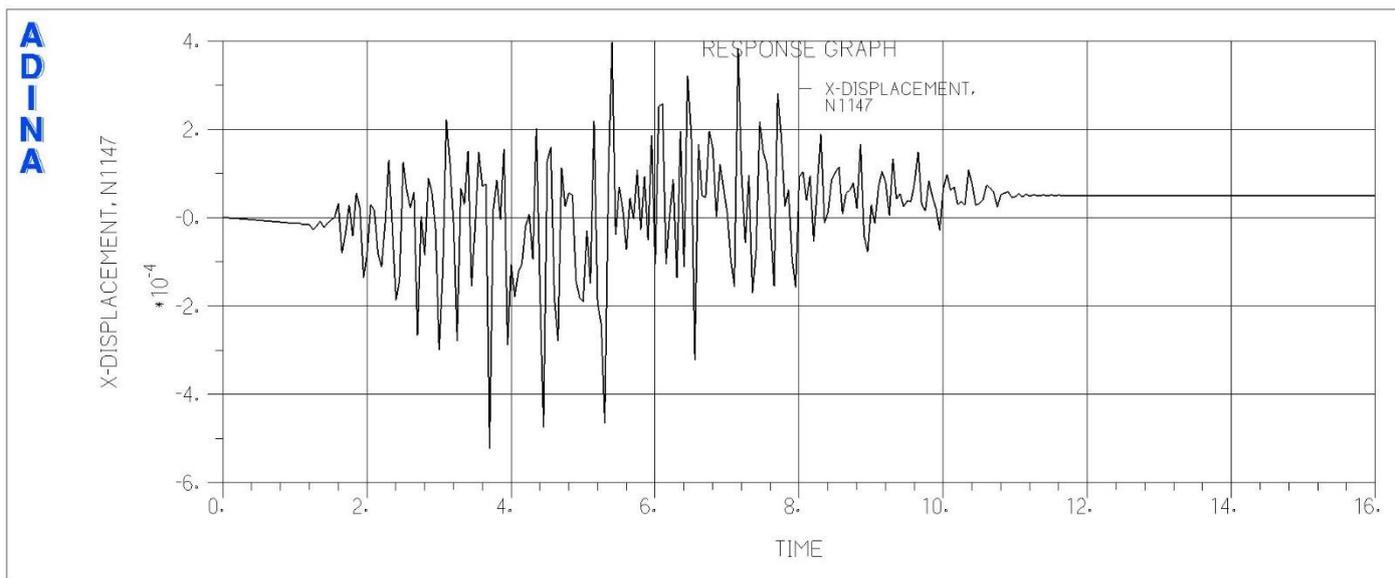


Abbildung 5-160: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

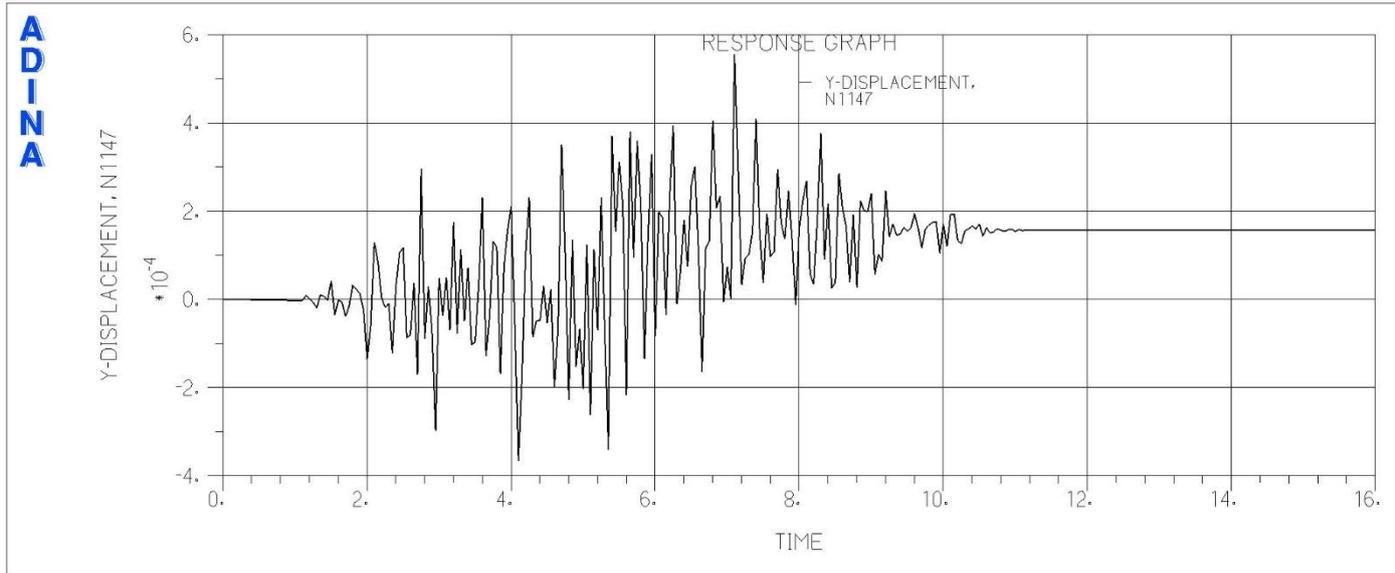


Abbildung 5-161: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

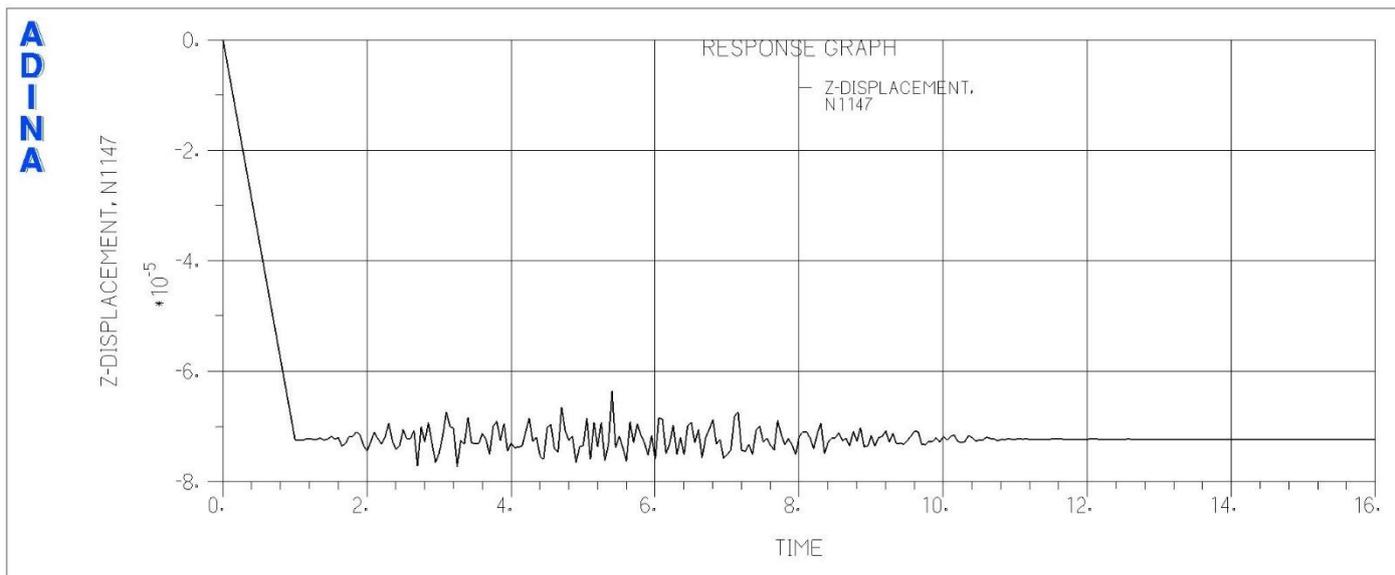


Abbildung 5-162: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

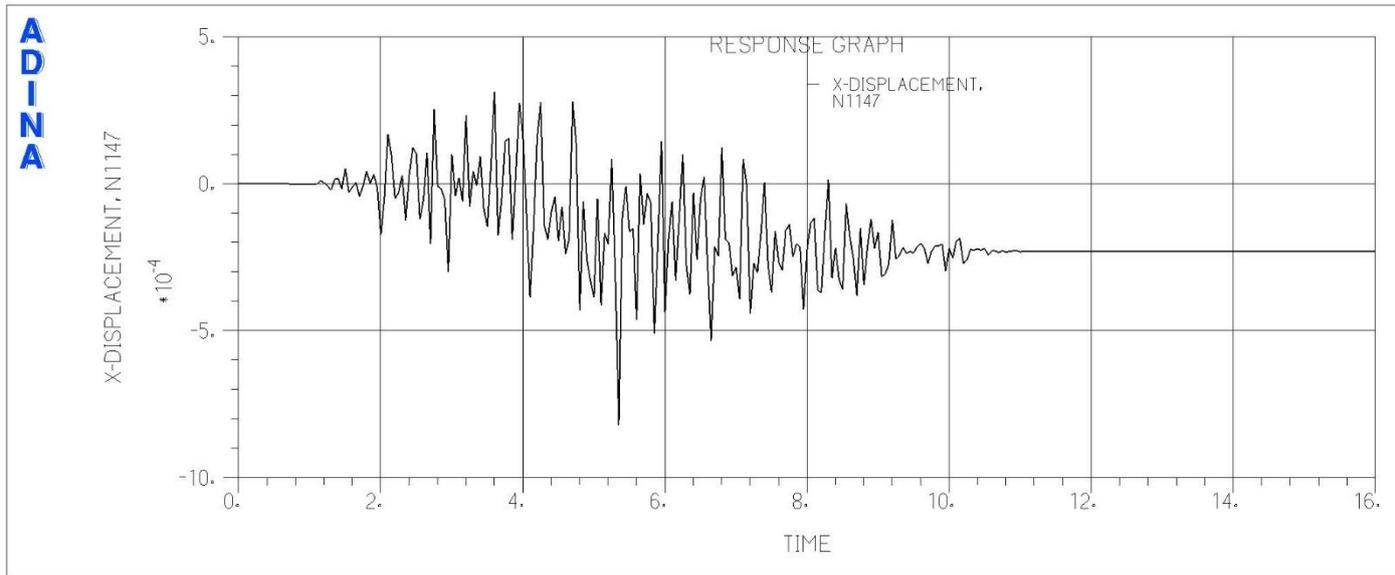


Abbildung 5-163: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

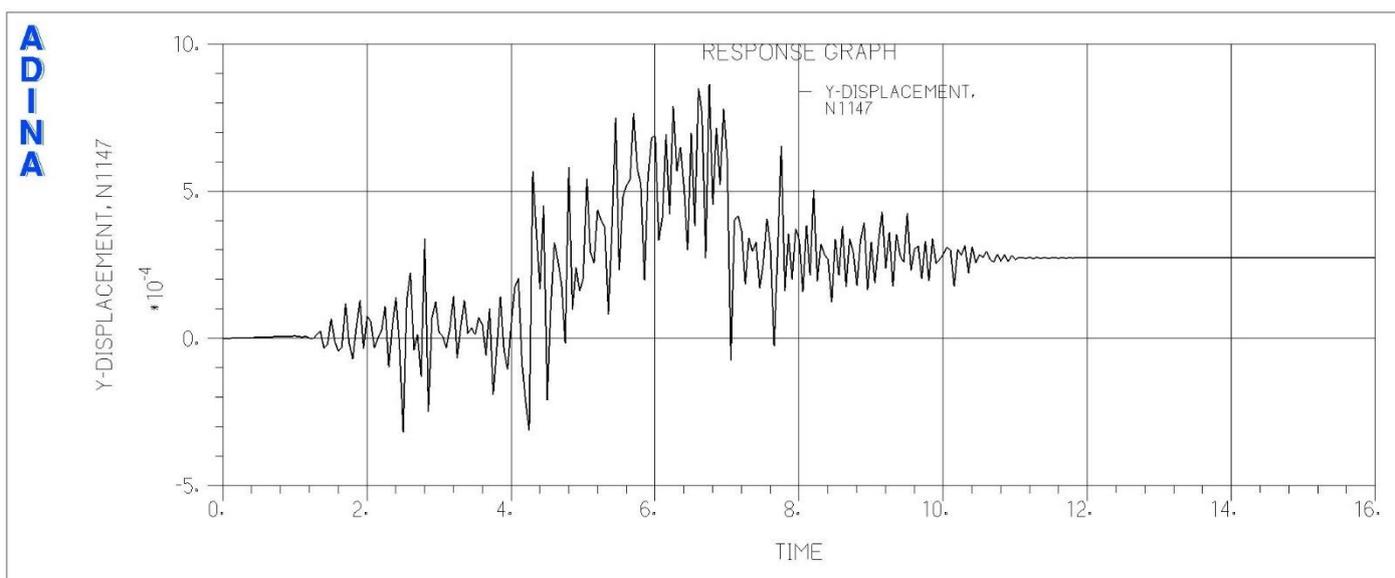


Abbildung 5-164: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

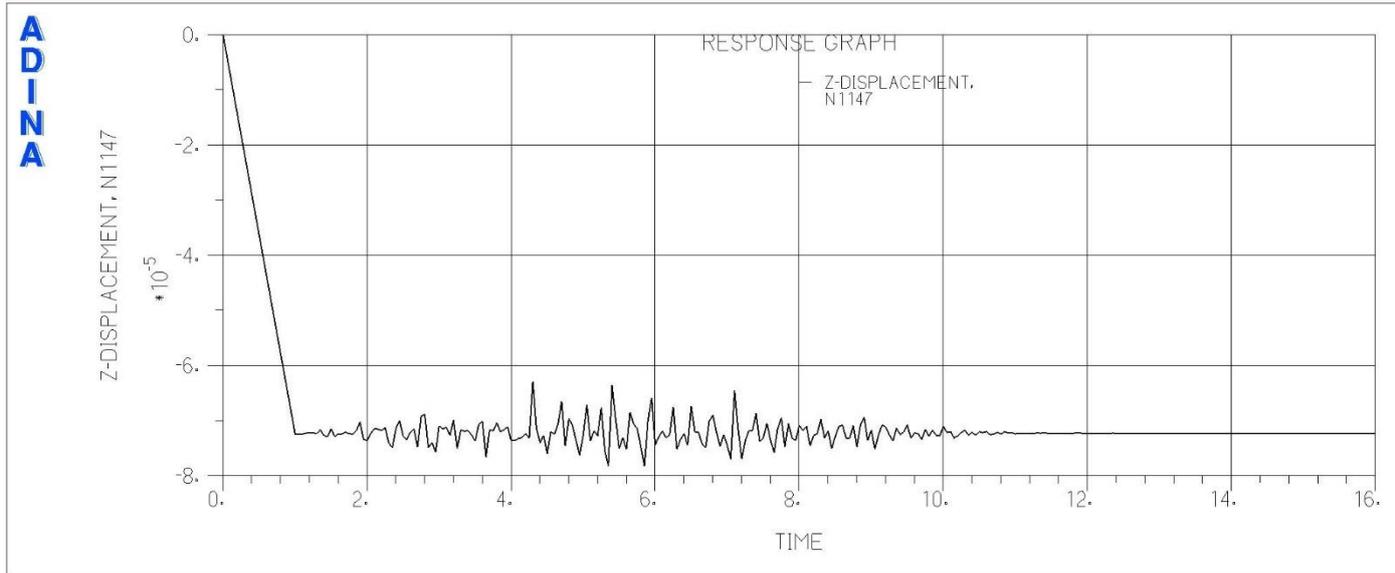


Abbildung 5-165: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

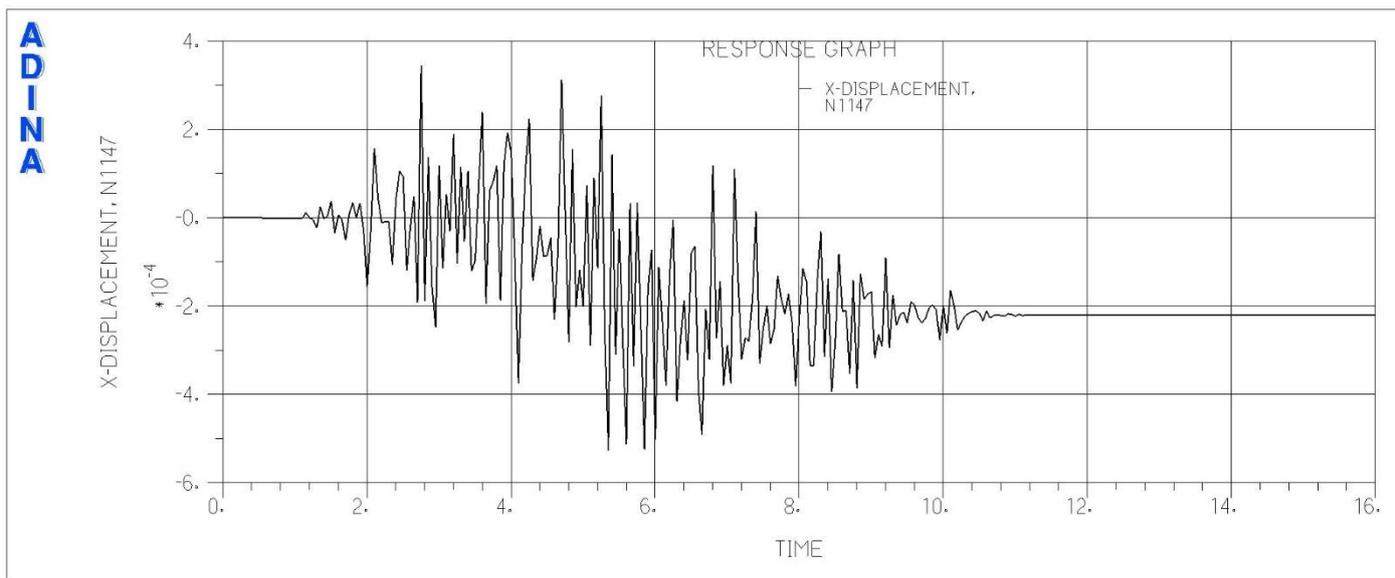


Abbildung 5-166: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

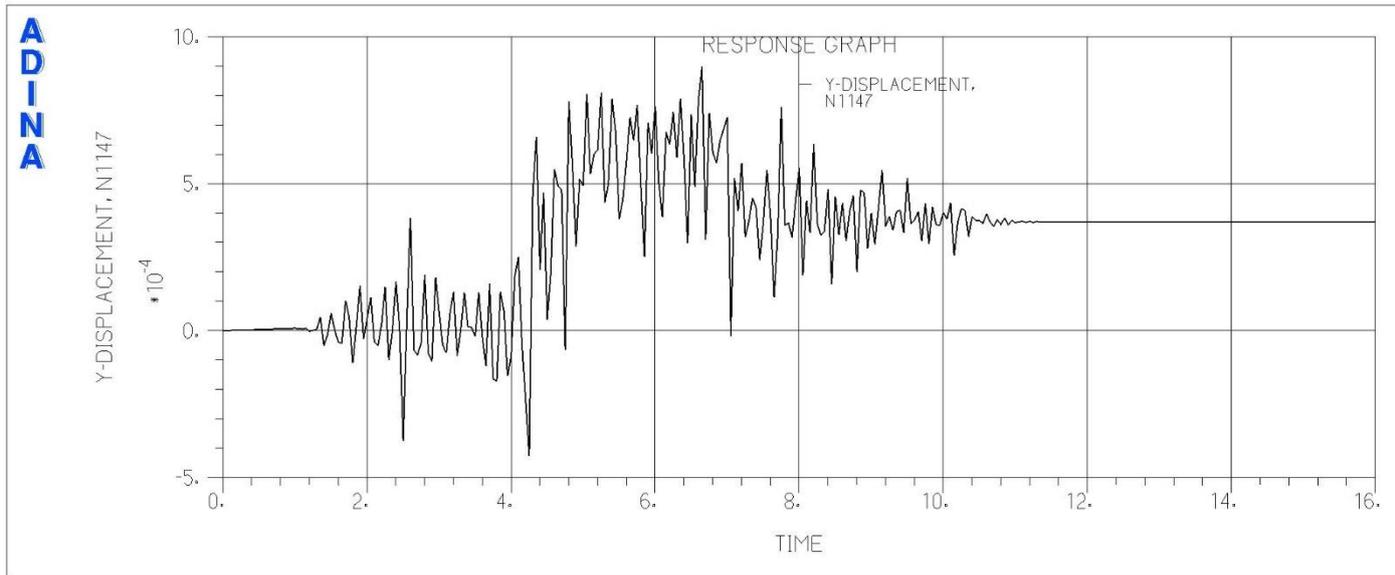


Abbildung 5-167: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

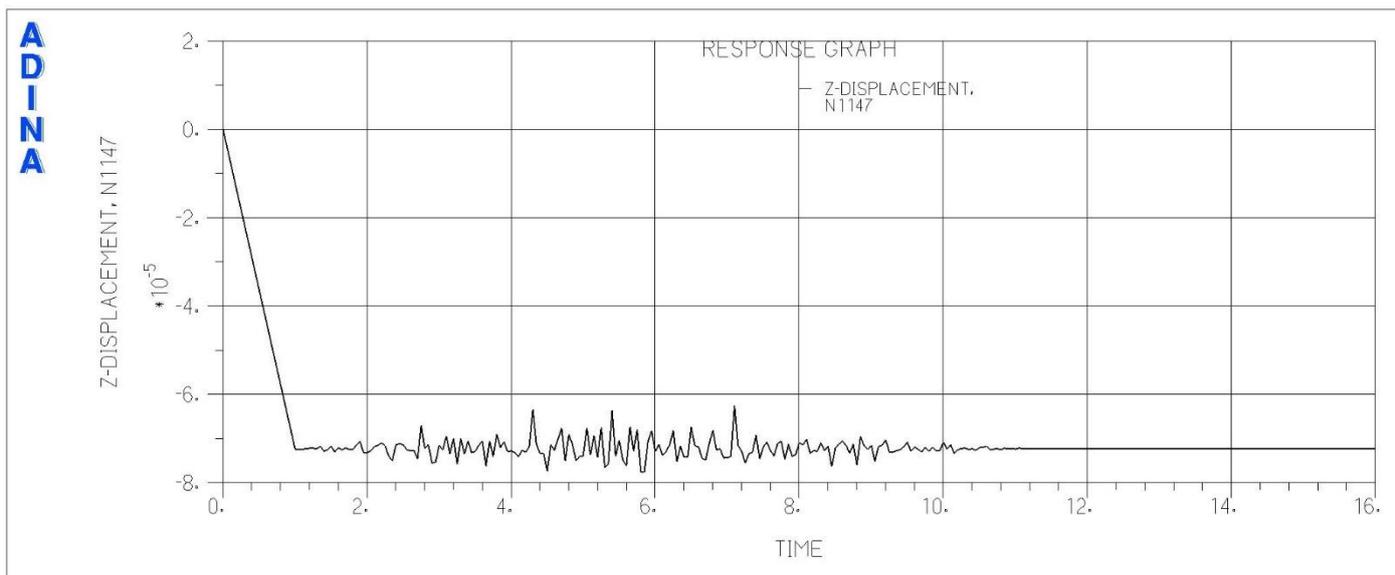


Abbildung 5-168: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

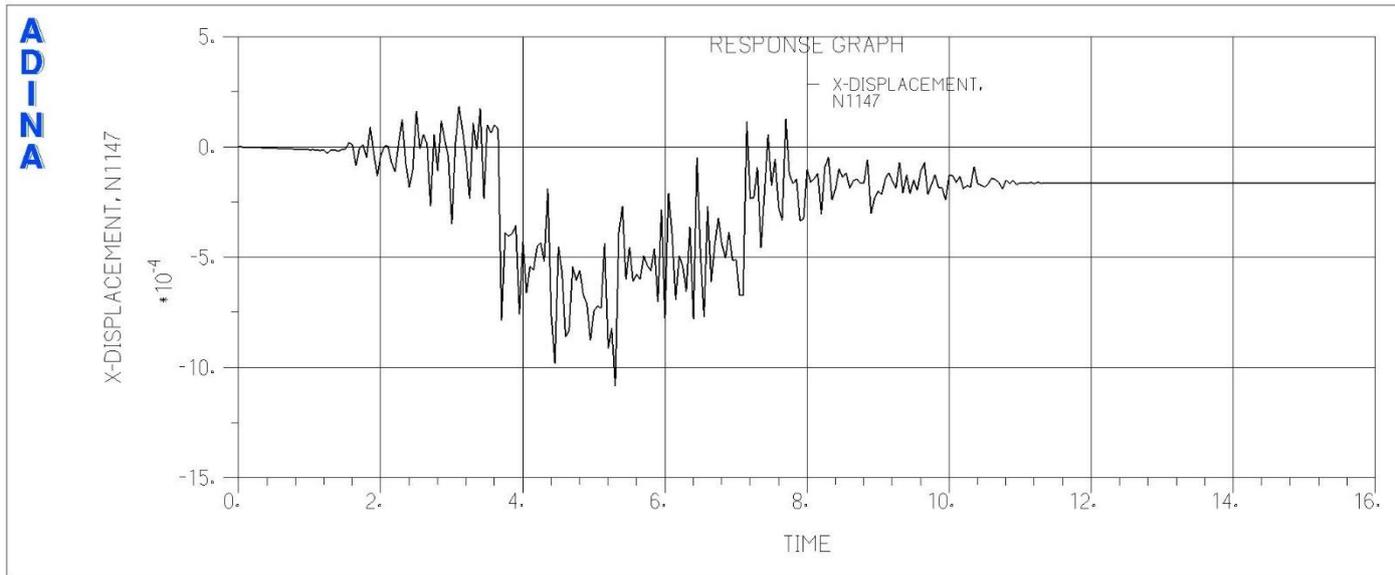


Abbildung 5-169: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

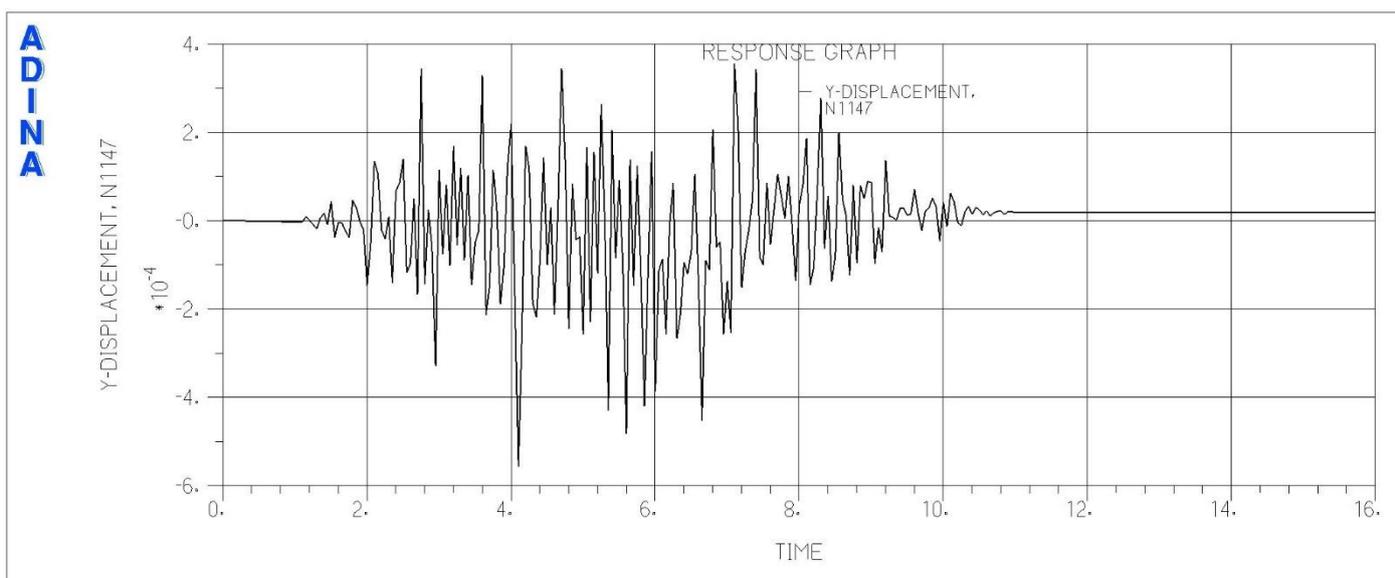


Abbildung 5-170: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

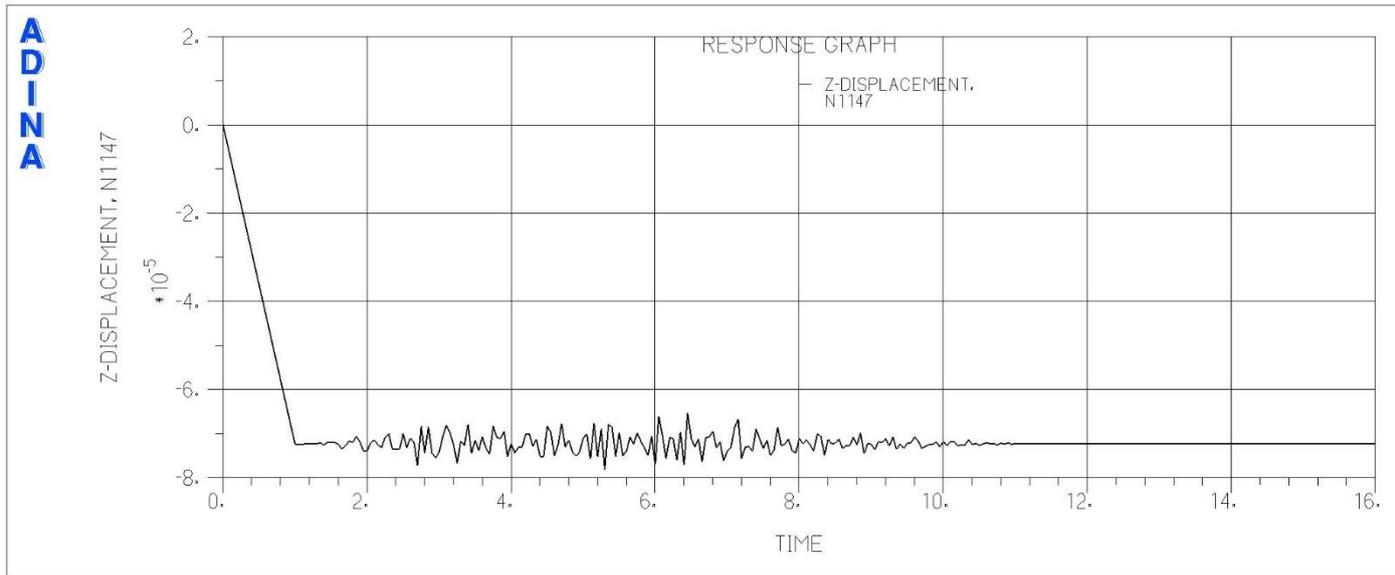


Abbildung 5-171: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.1.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

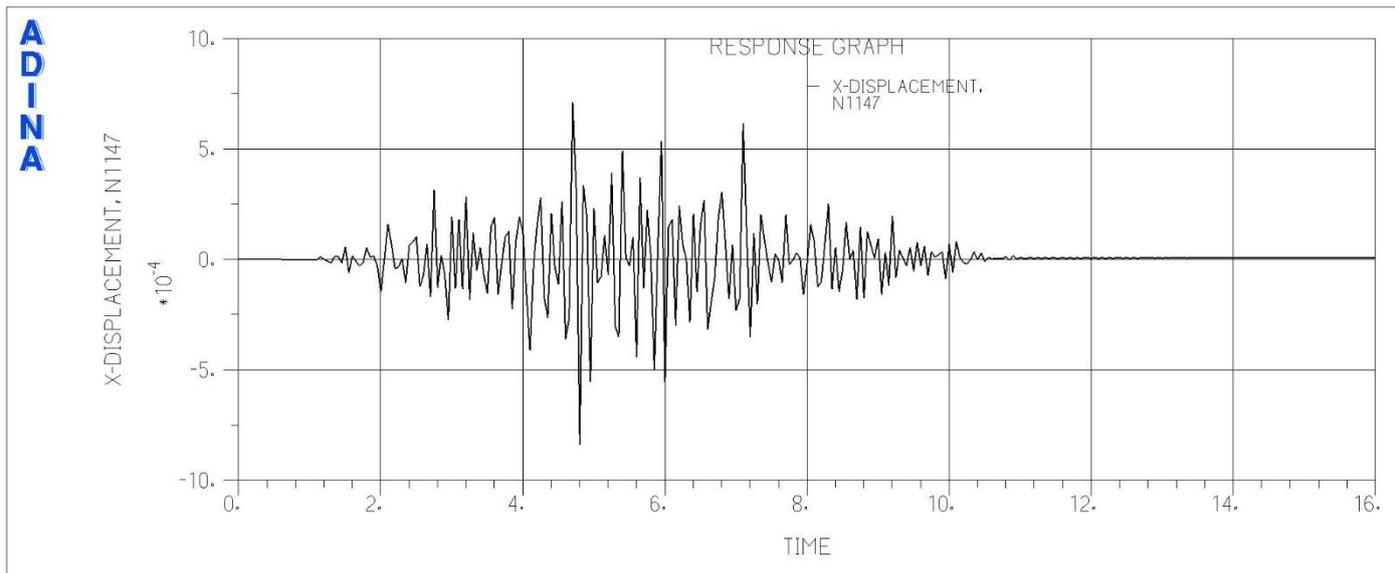


Abbildung 5-172: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

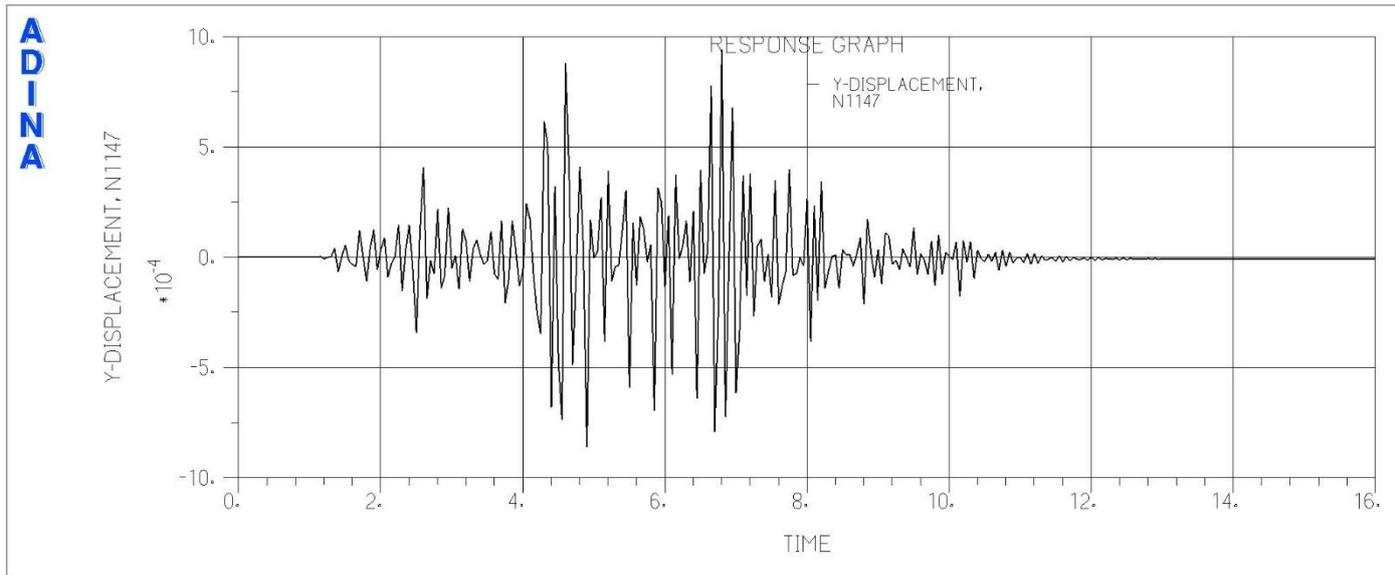


Abbildung 5-173: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

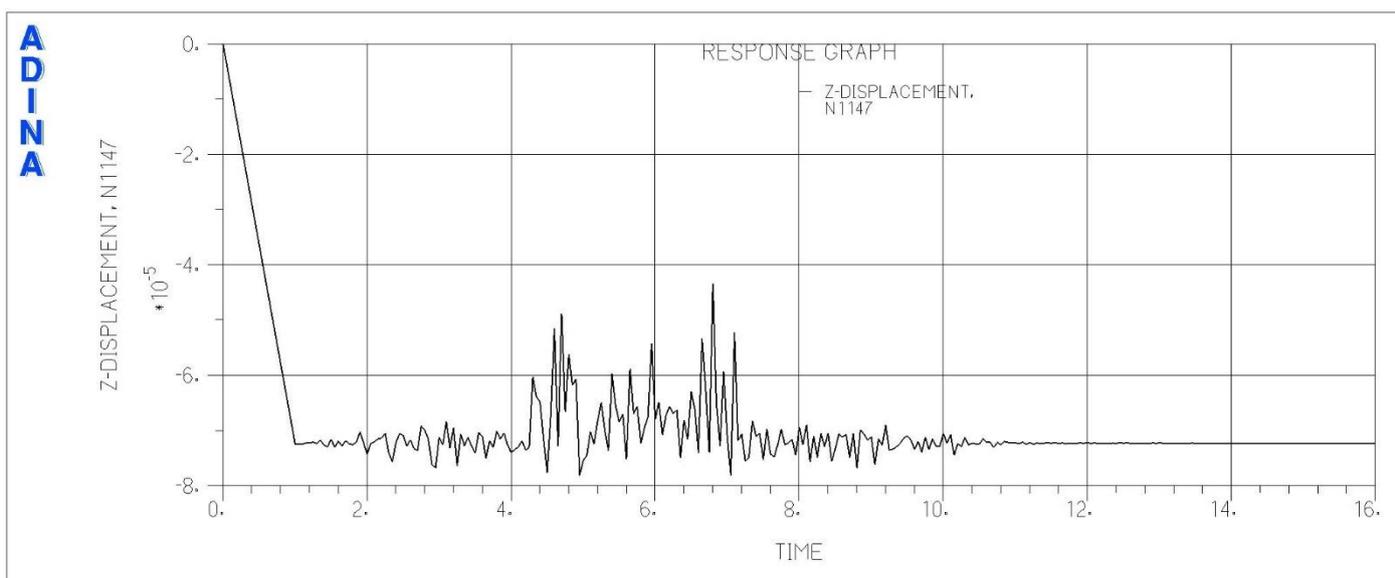


Abbildung 5-174: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

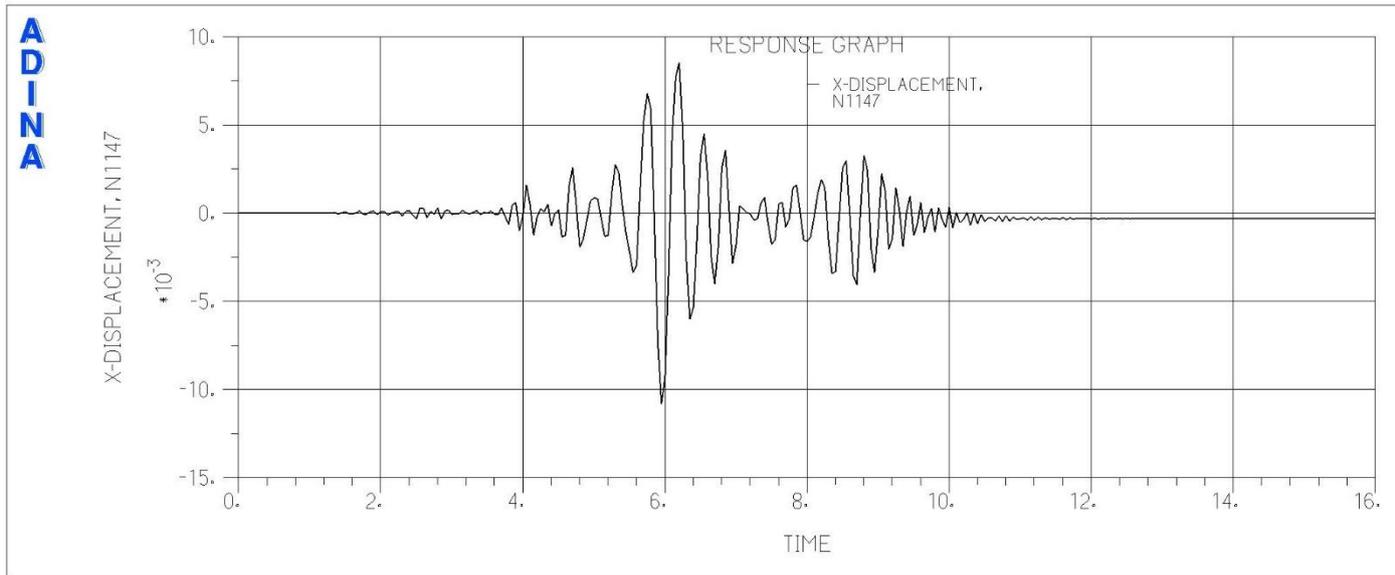


Abbildung 5-175: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

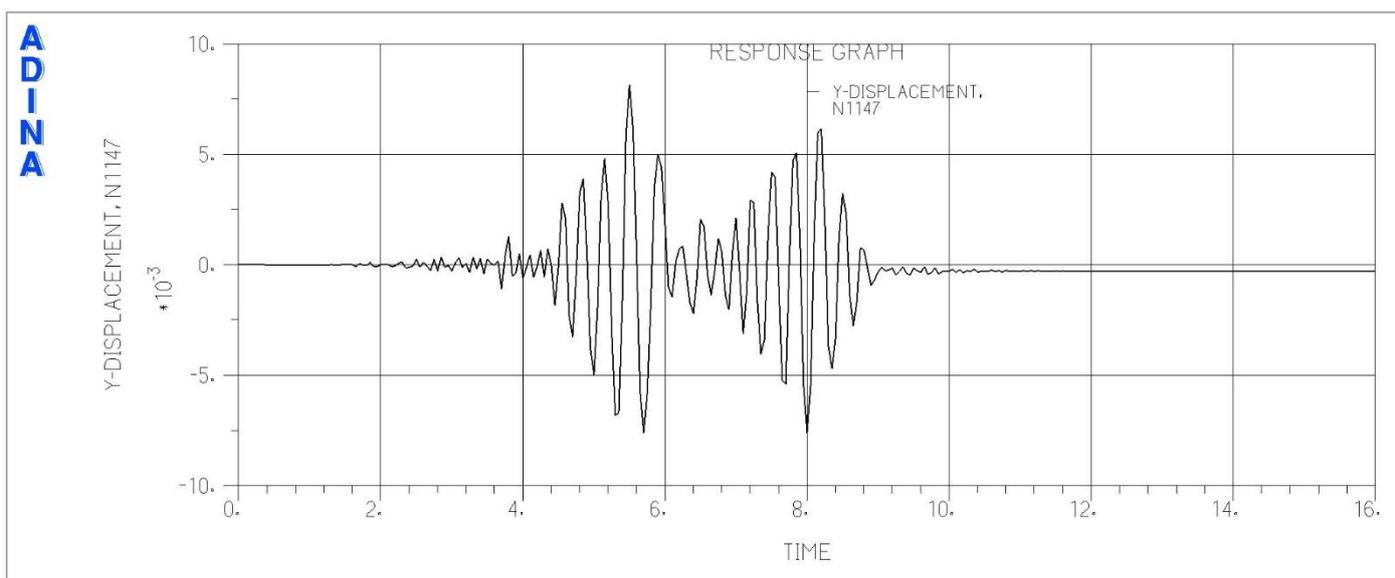


Abbildung 5-176: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

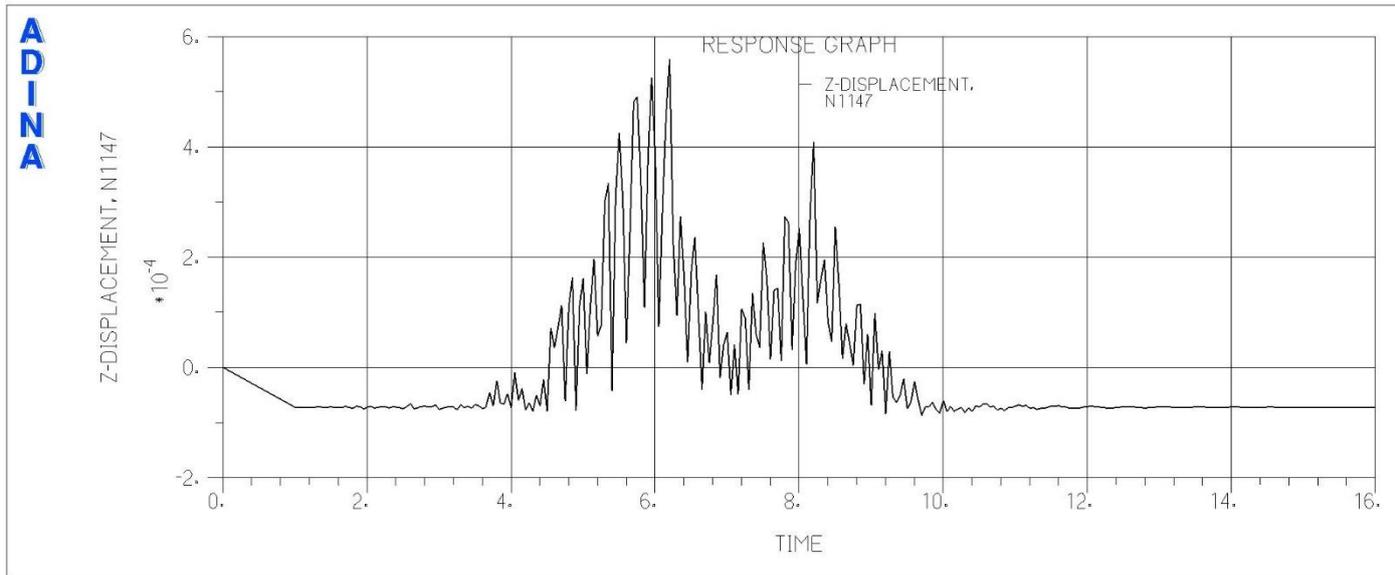


Abbildung 5-177: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

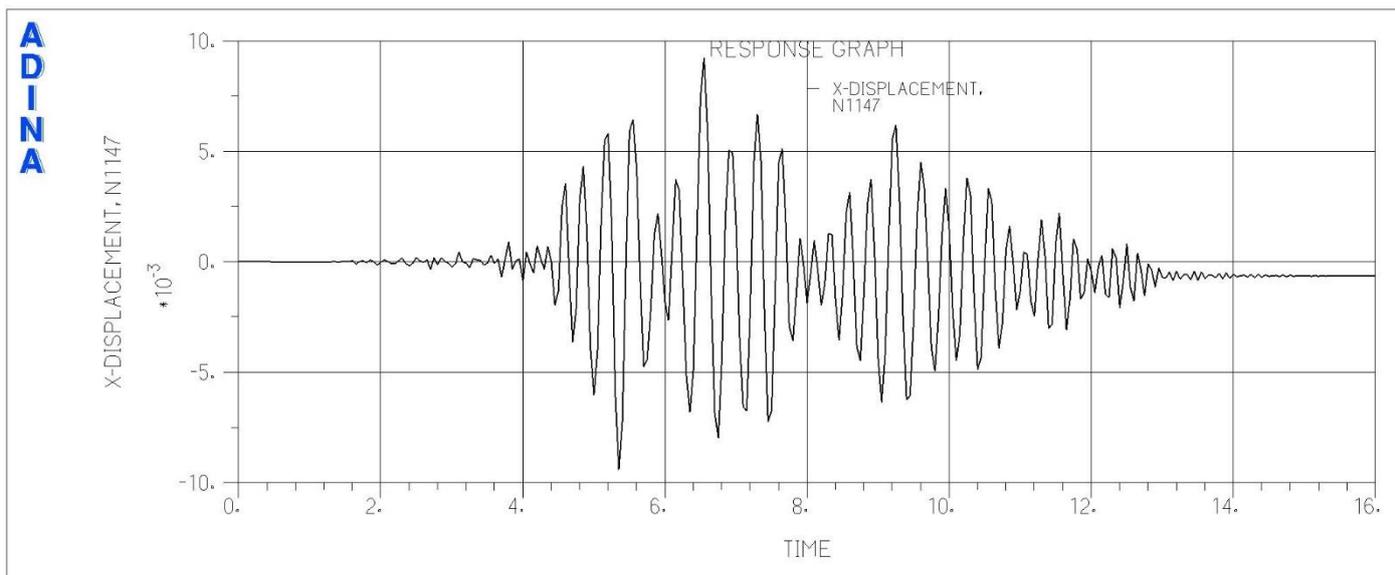


Abbildung 5-178: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

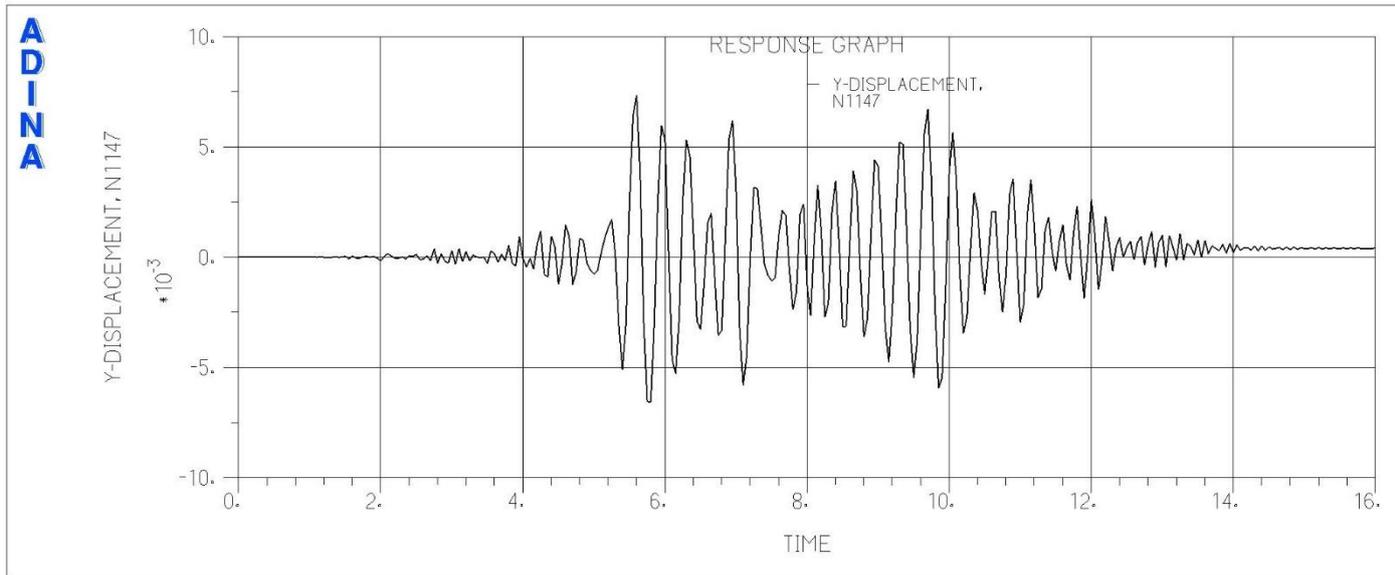


Abbildung 5-179: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

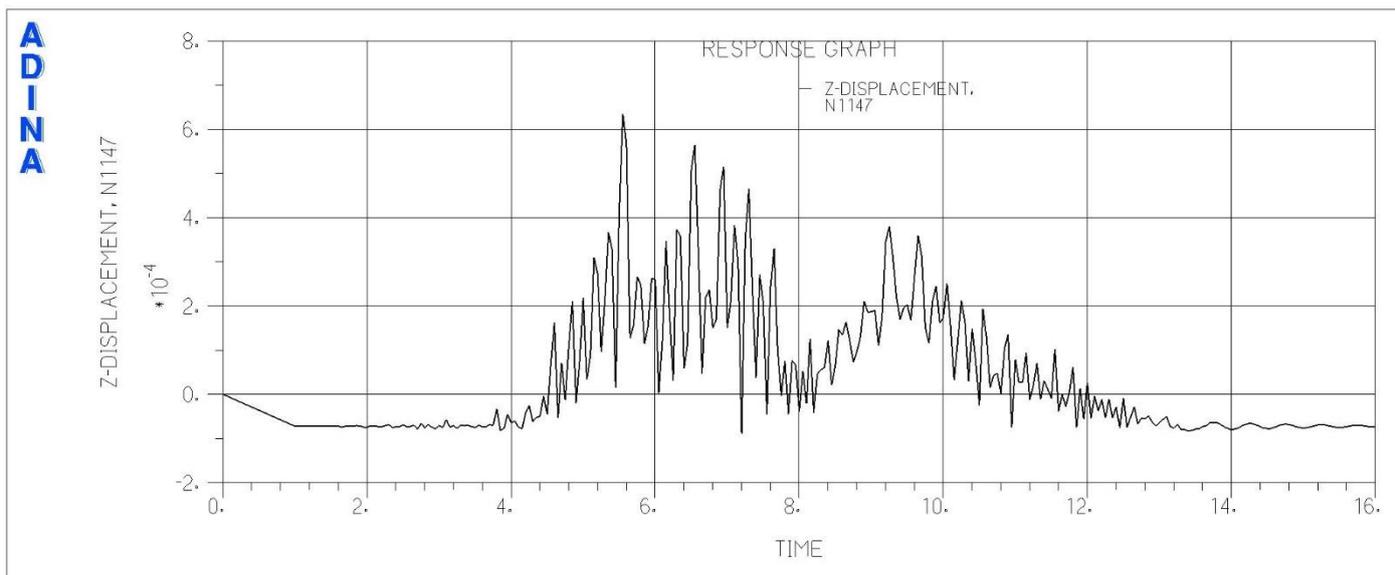


Abbildung 5-180: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

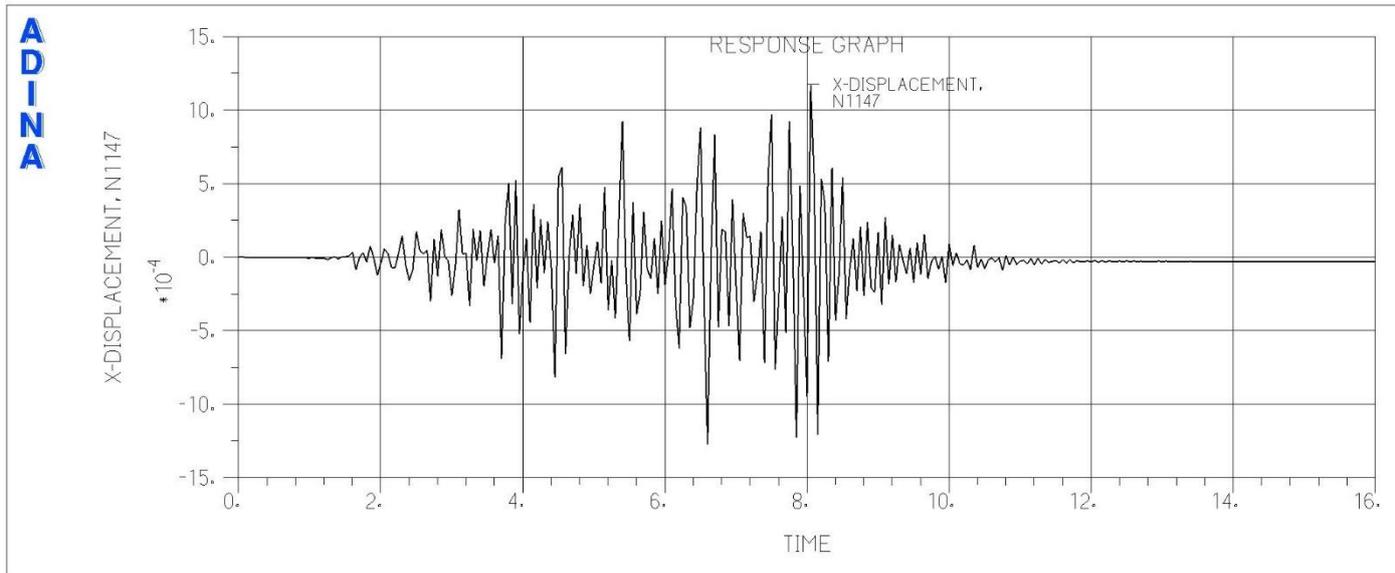


Abbildung 5-181: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

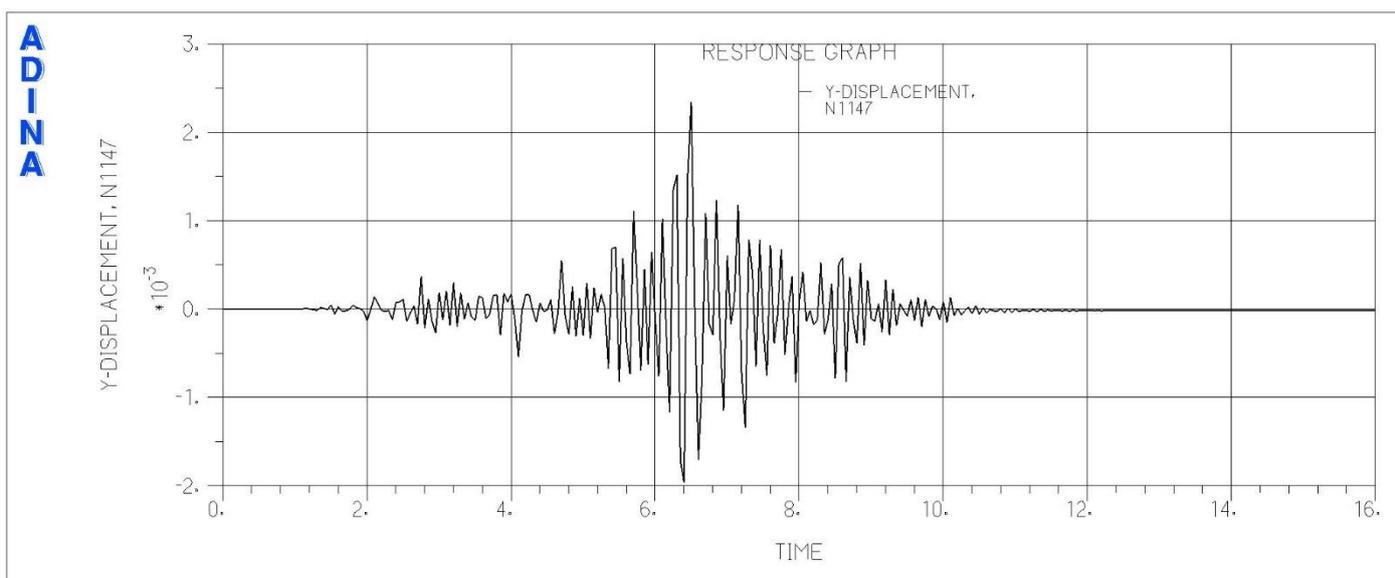


Abbildung 5-182: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

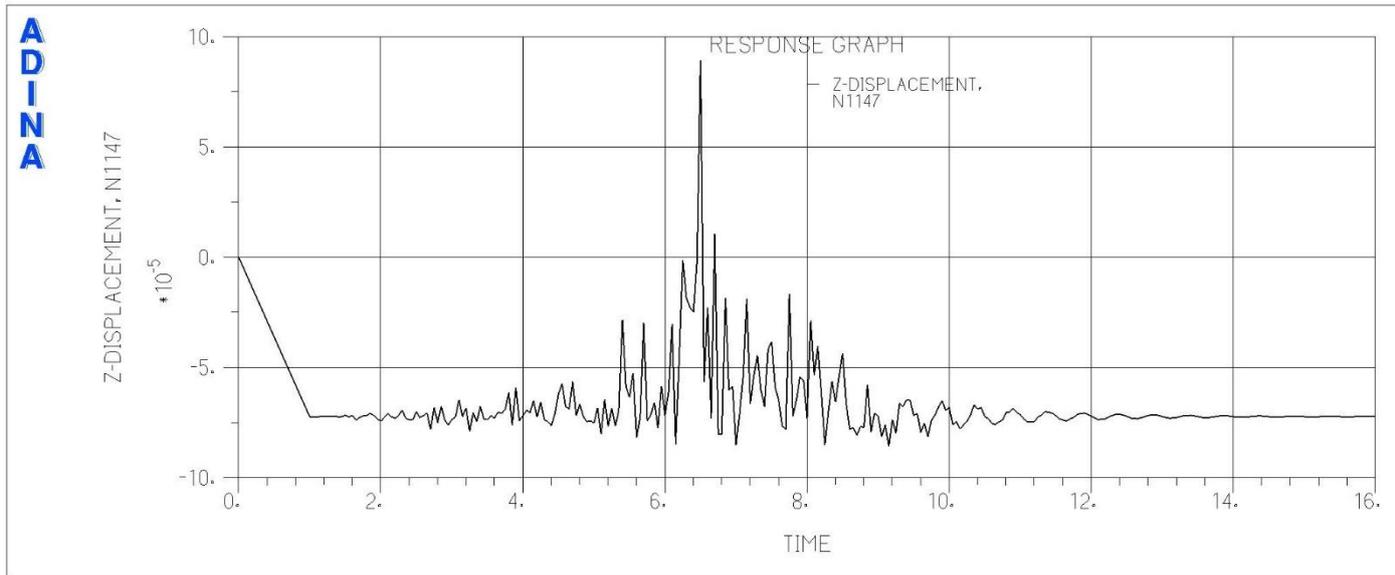


Abbildung 5-183: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

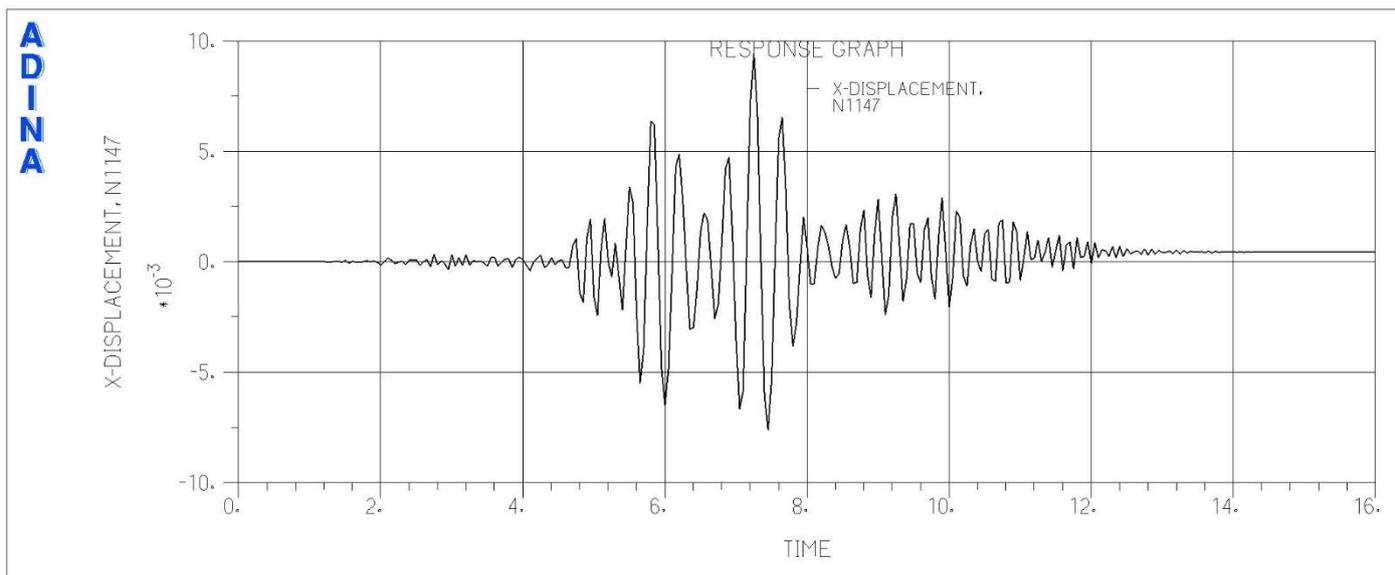


Abbildung 5-184: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

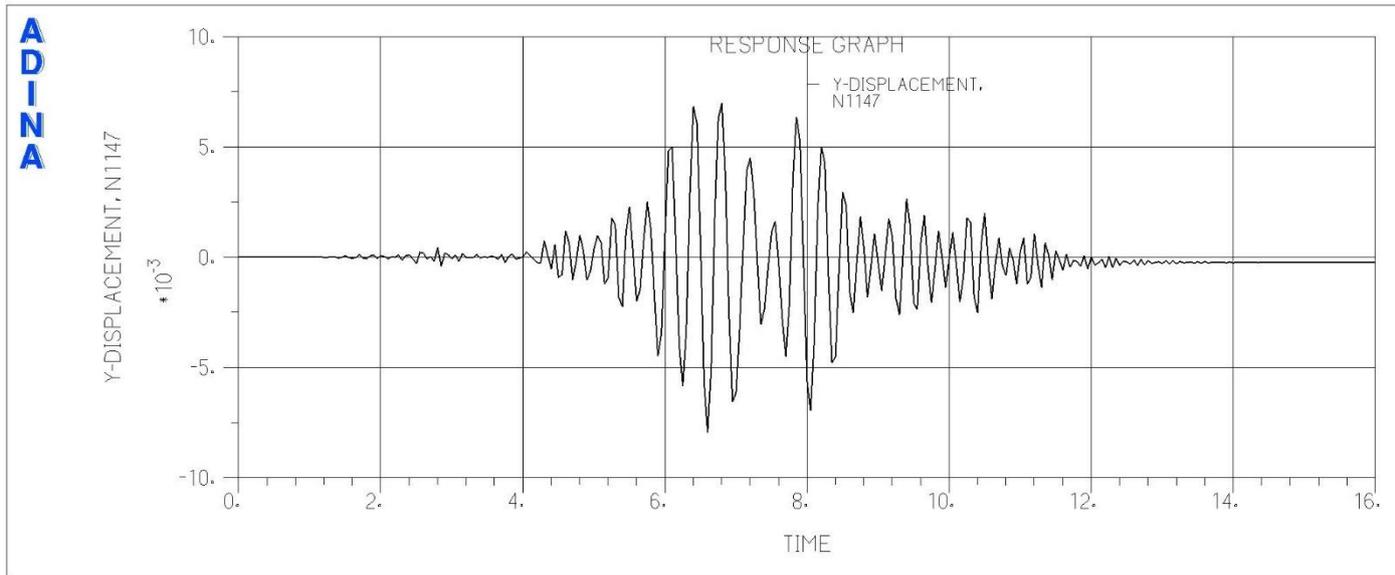


Abbildung 5-185: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

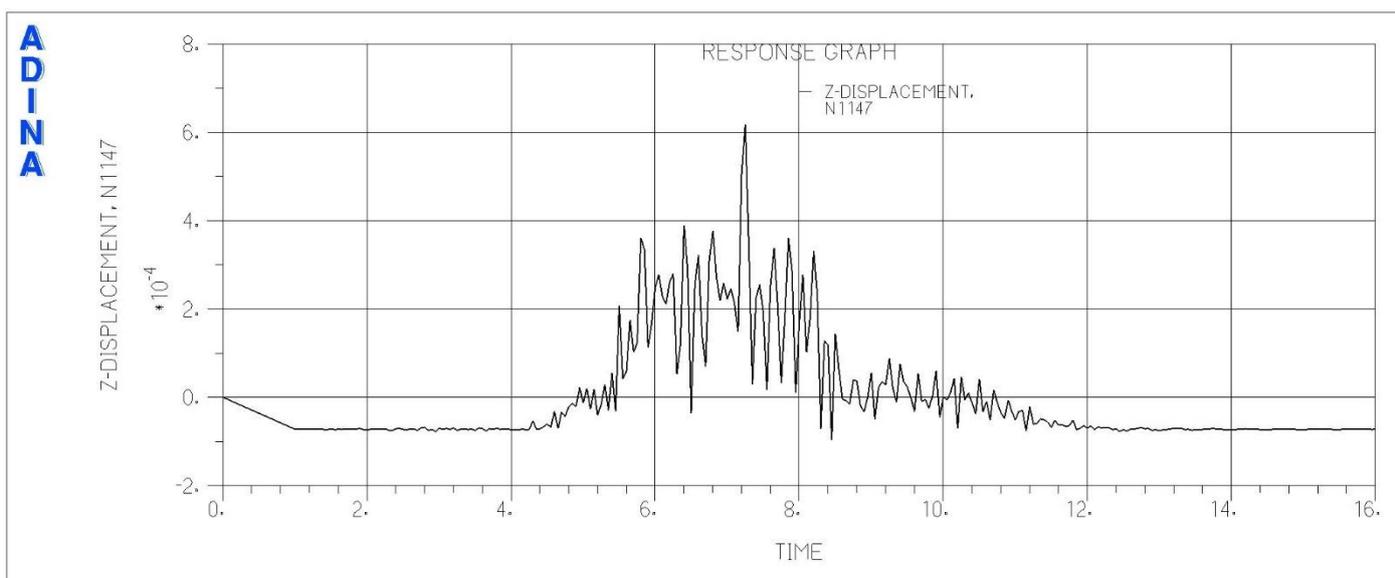


Abbildung 5-186: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

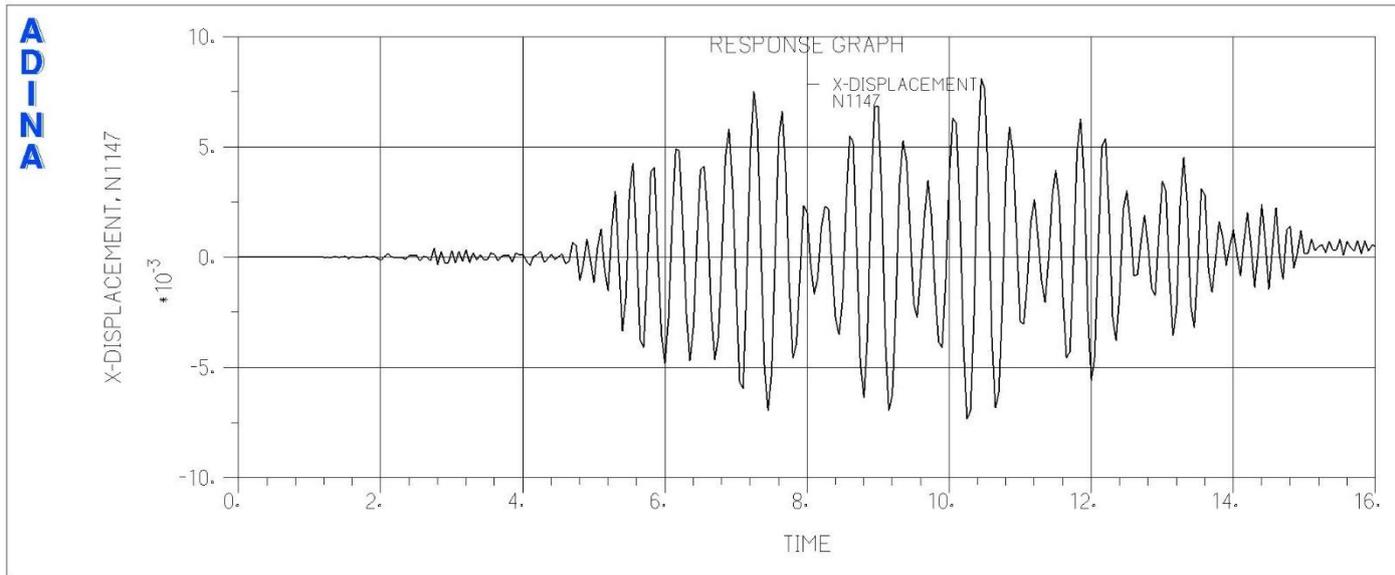


Abbildung 5-187: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

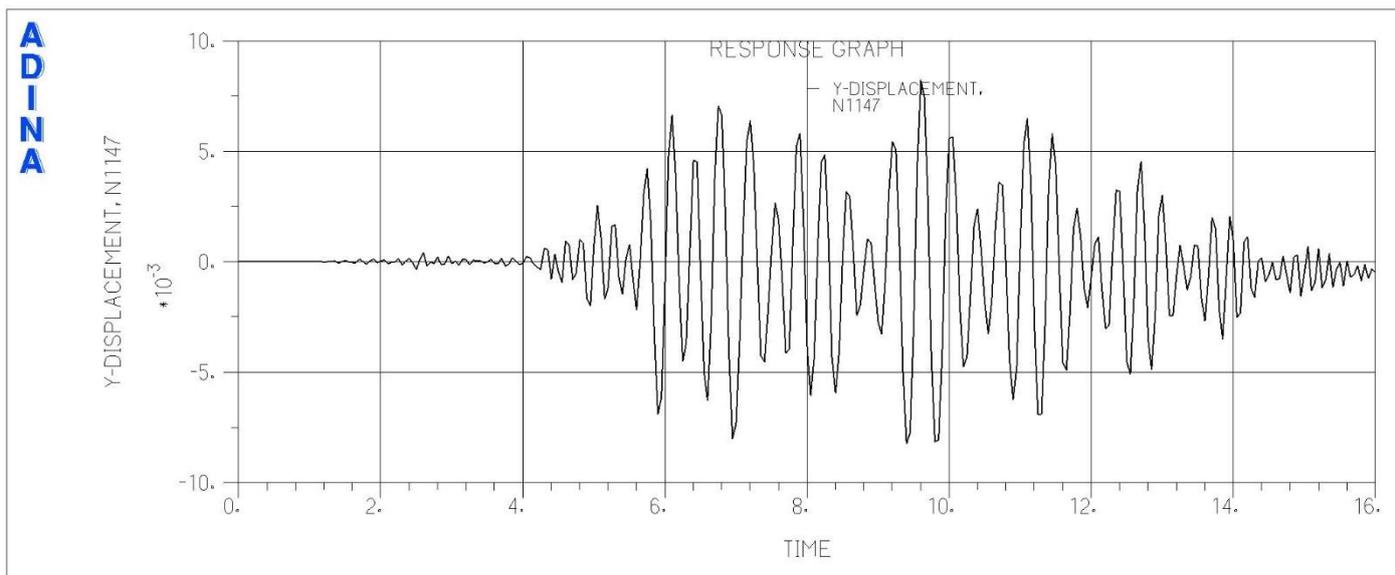


Abbildung 5-188: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

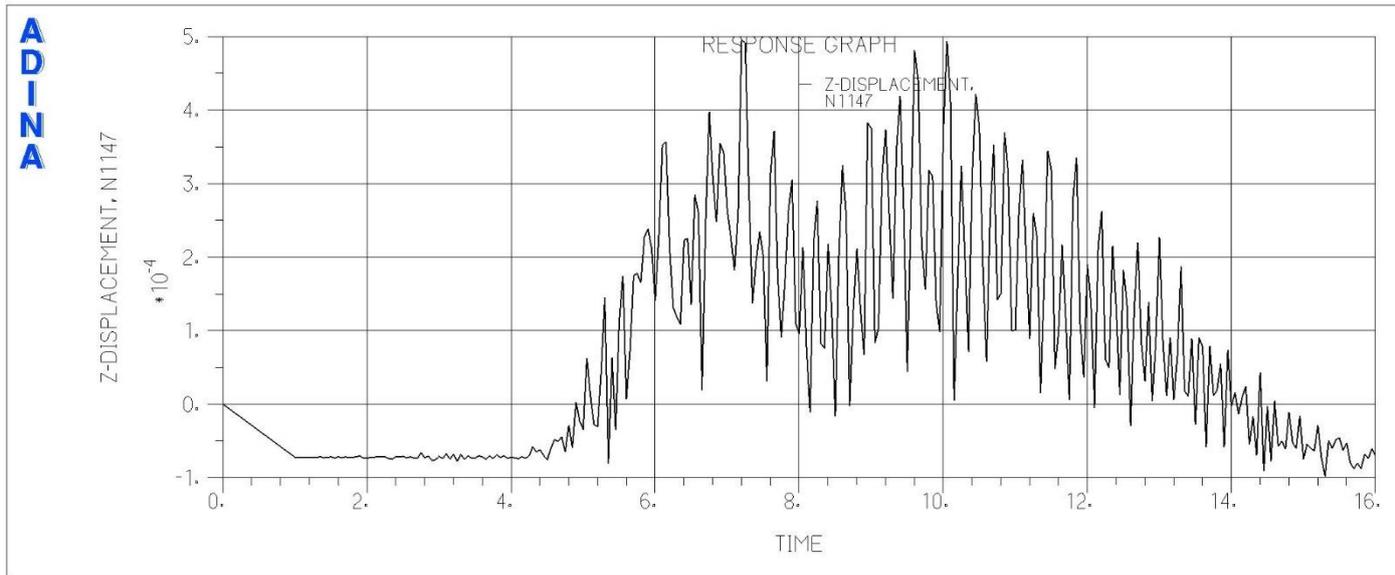


Abbildung 5-189: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

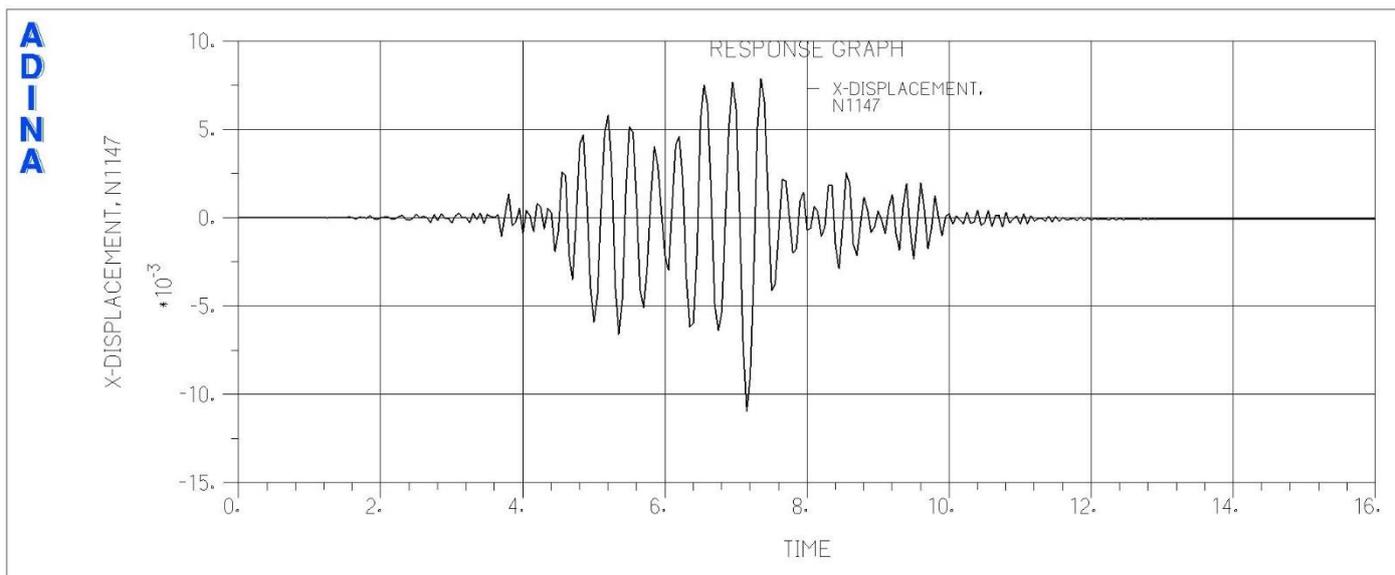


Abbildung 5-190: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

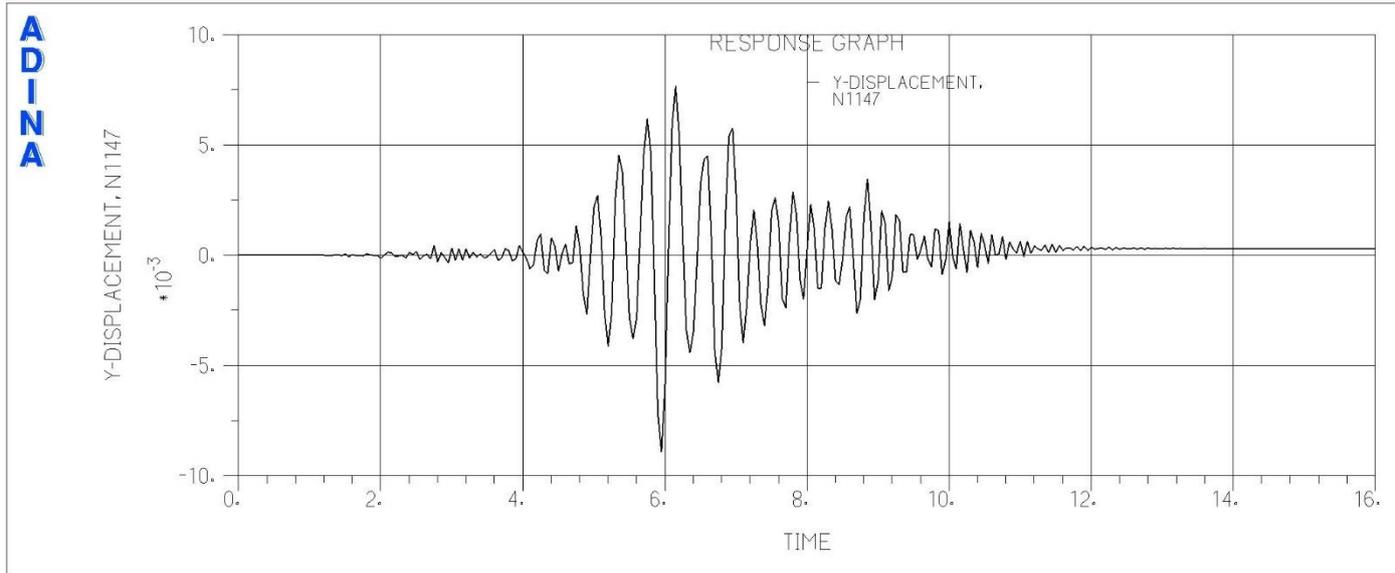


Abbildung 5-191: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

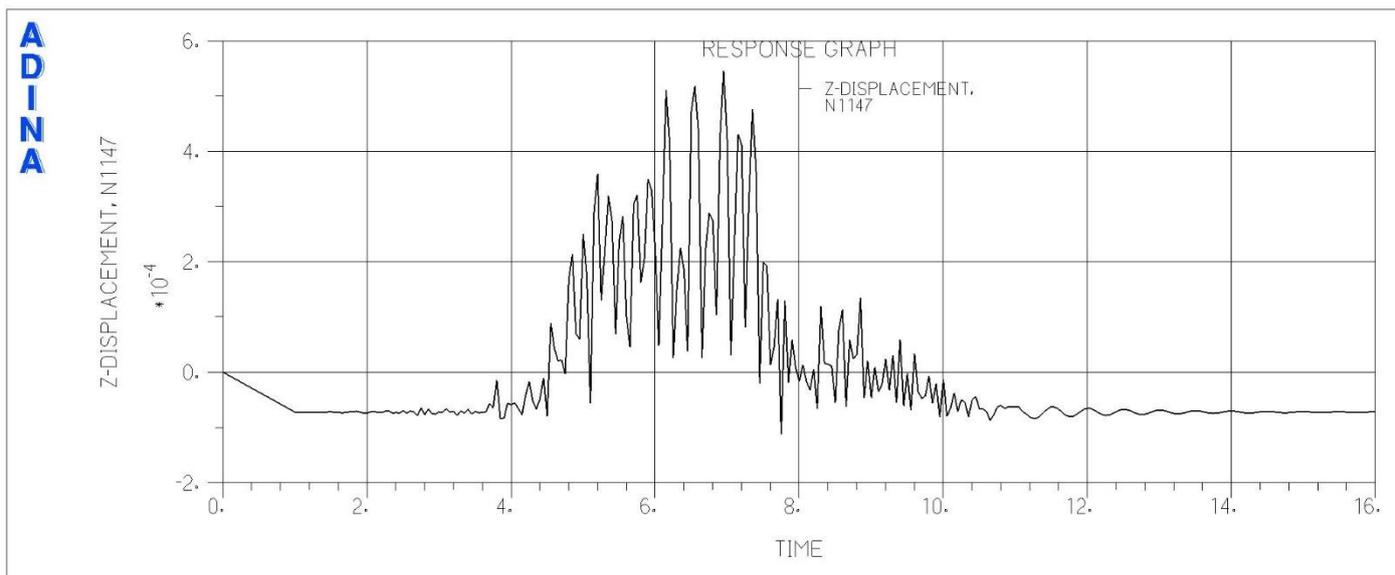


Abbildung 5-192: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.2 BEB: Verschiebungen Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t

5.5.2.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

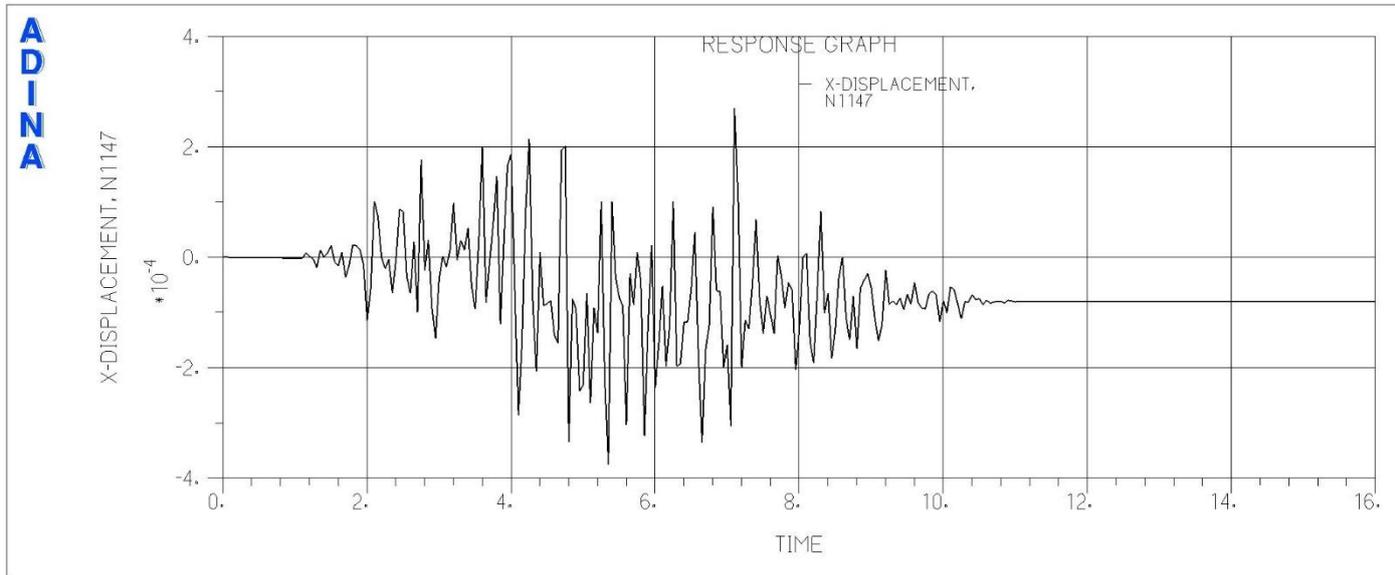


Abbildung 5-193: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

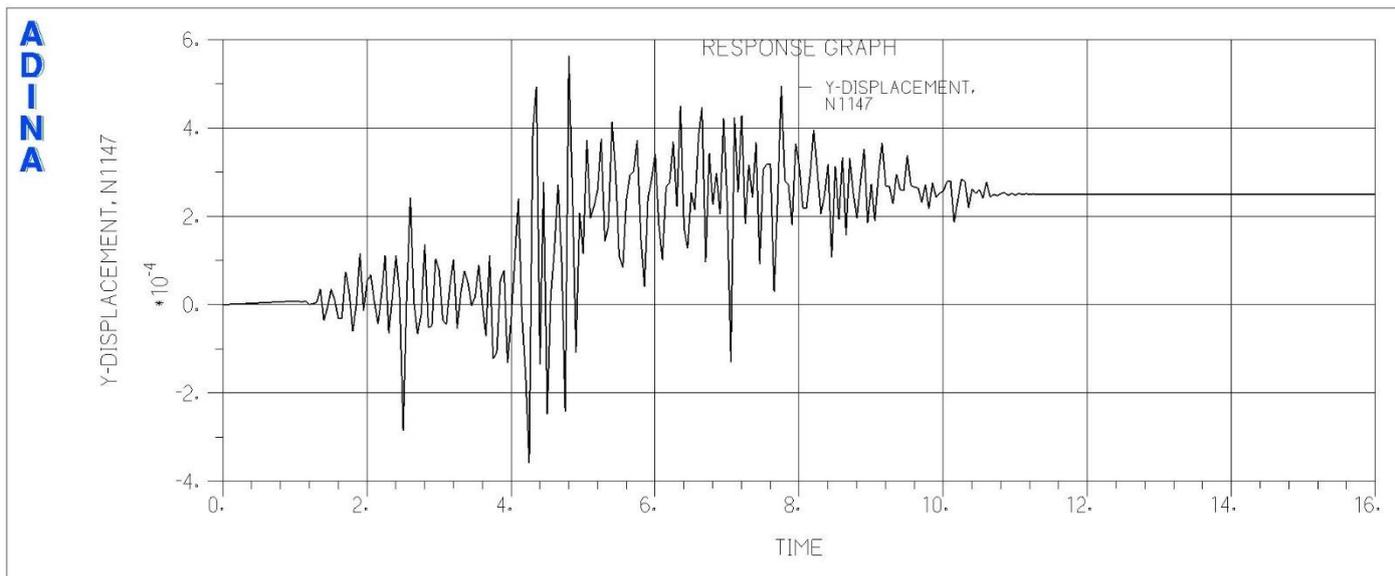


Abbildung 5-194: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

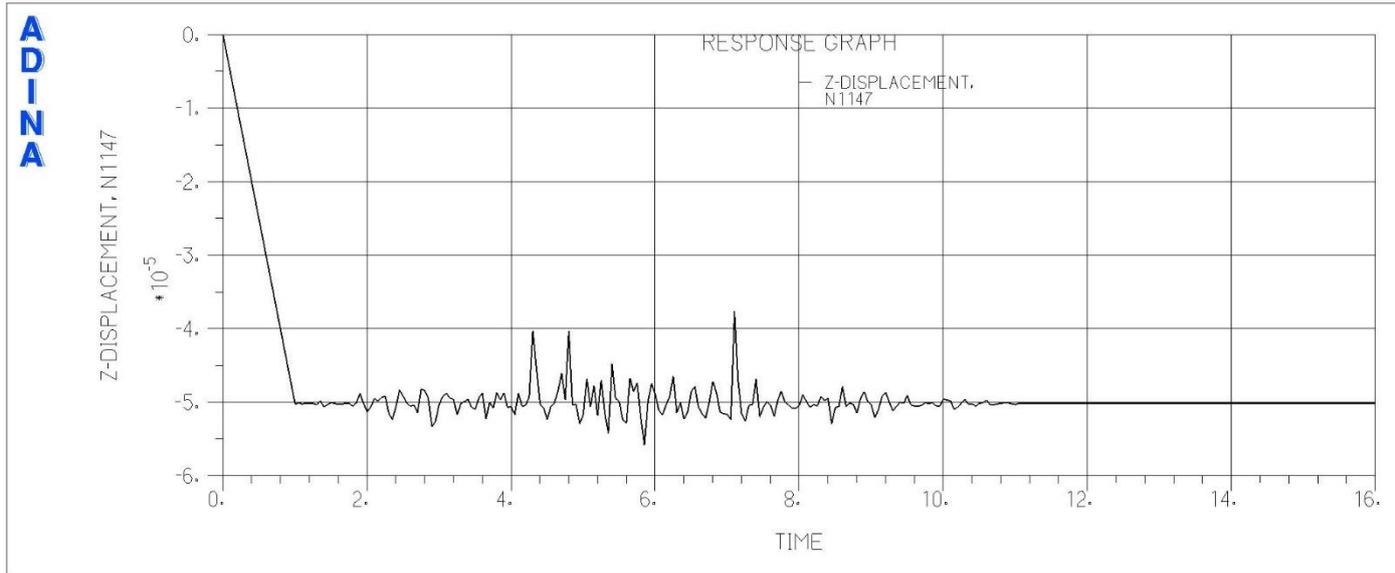


Abbildung 5-195: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

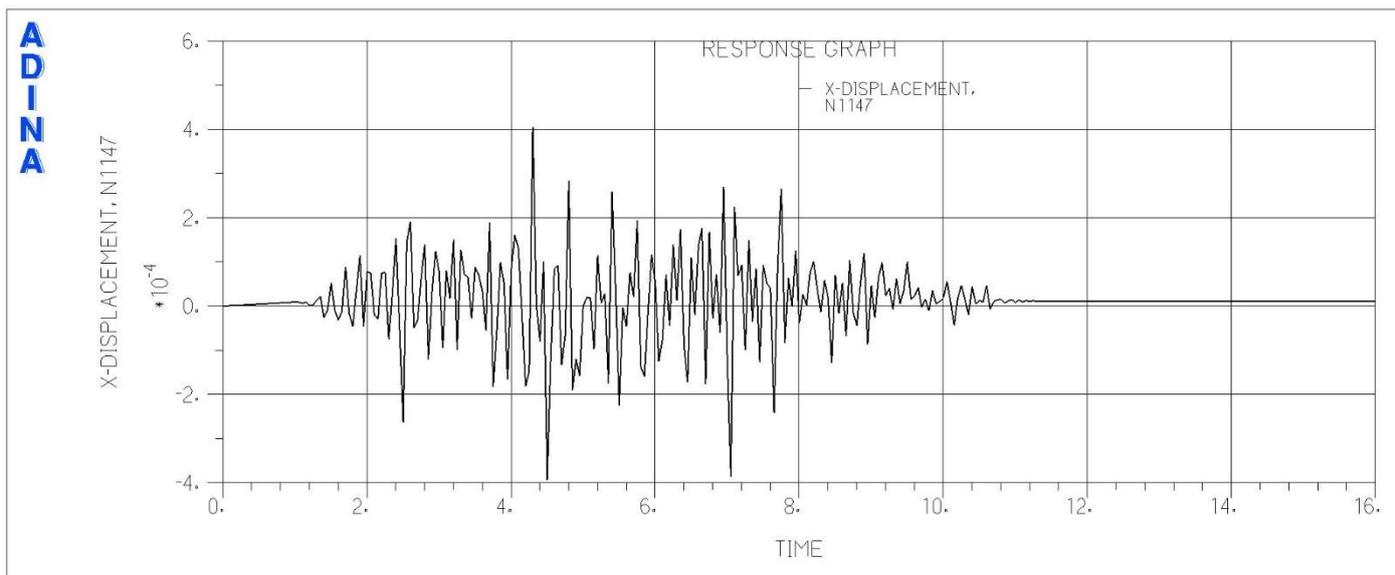


Abbildung 5-196: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

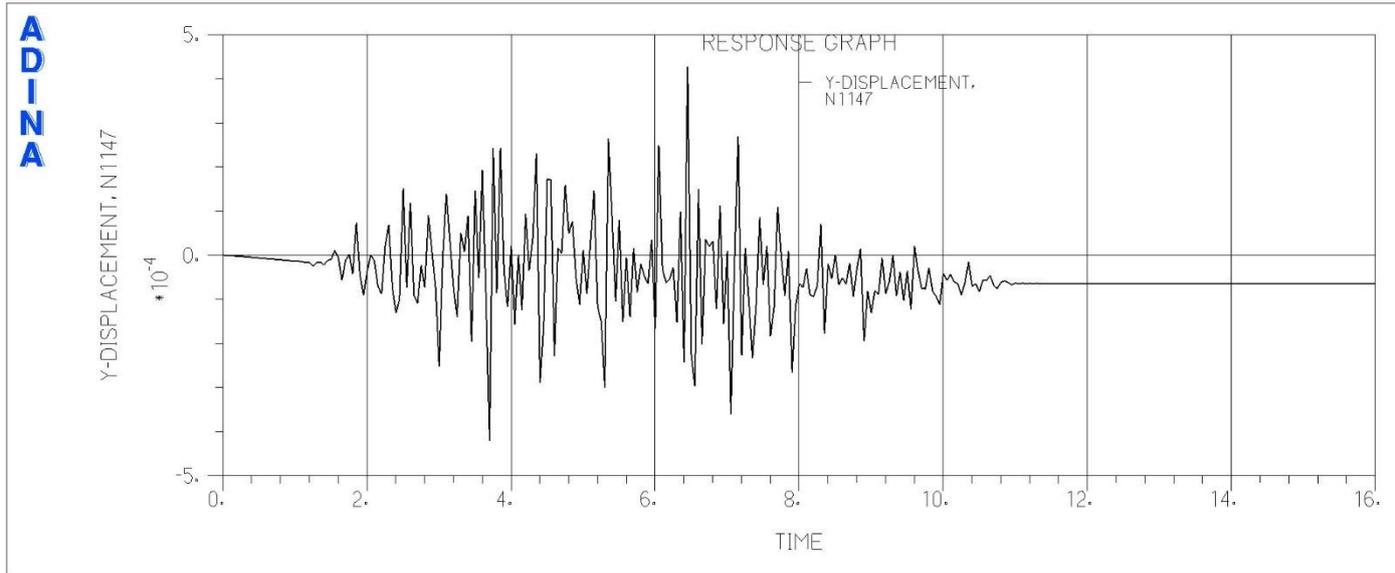


Abbildung 5-197: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

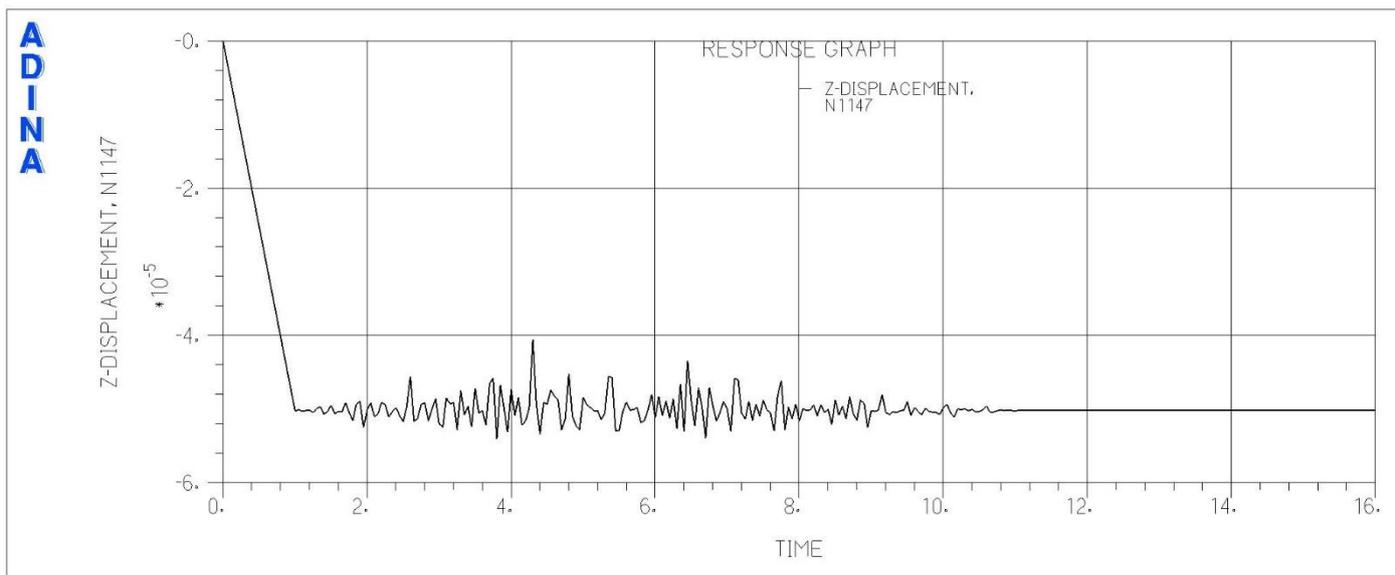


Abbildung 5-198: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

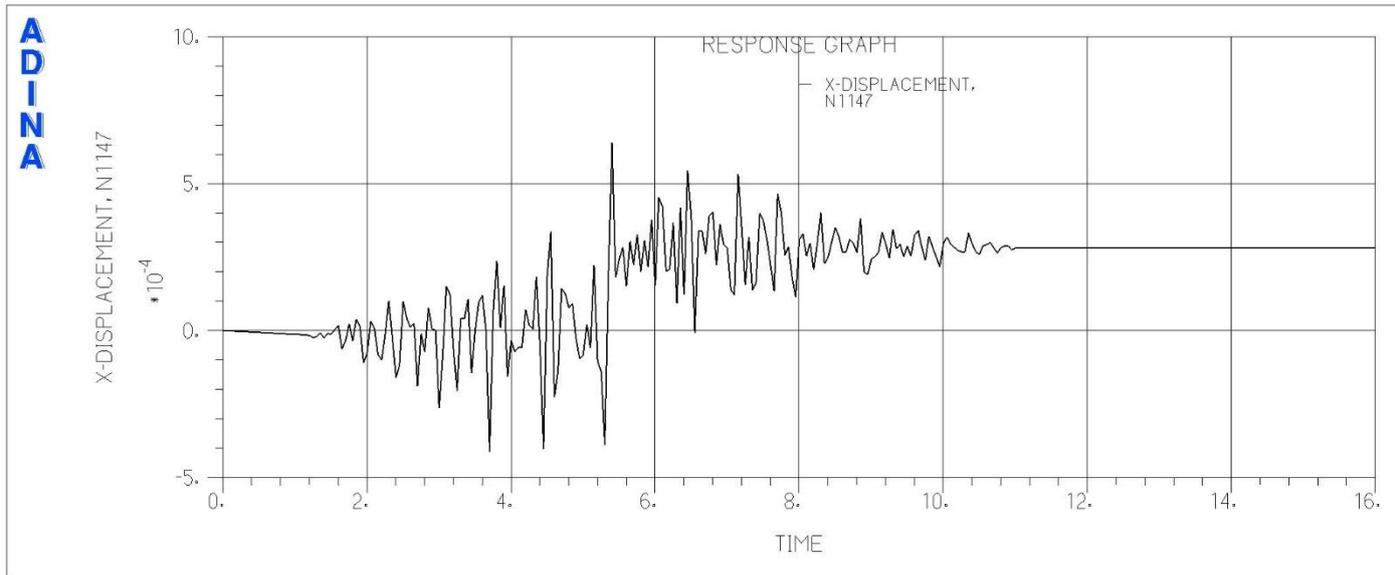


Abbildung 5-199: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

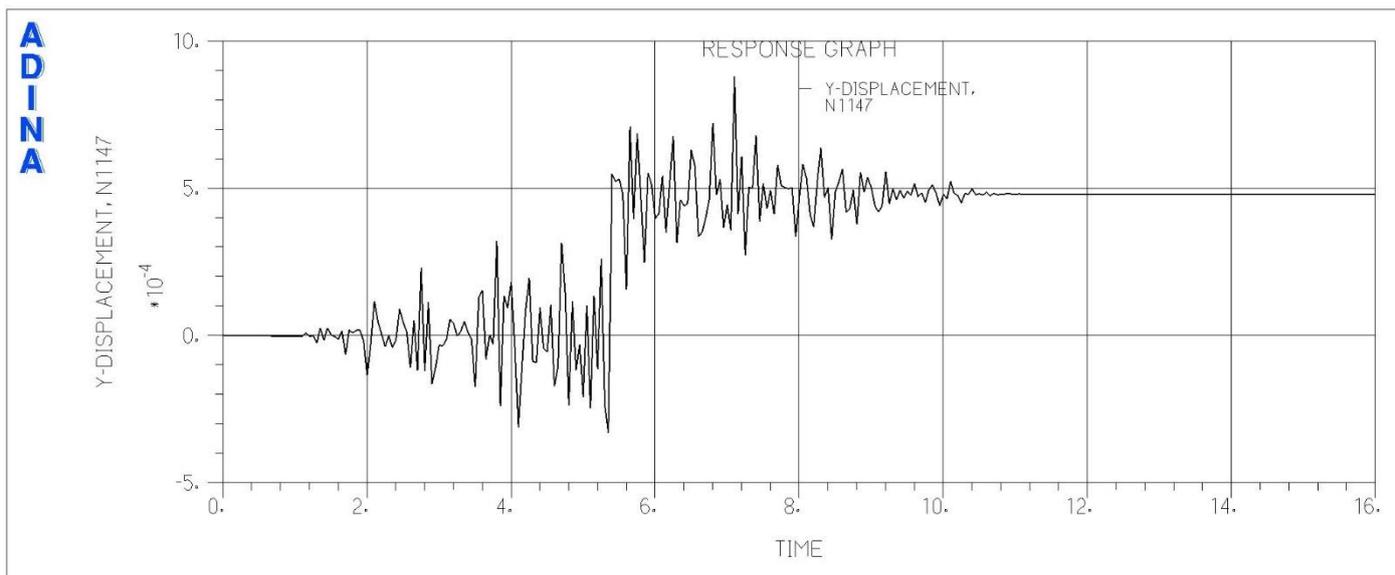


Abbildung 5-200: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

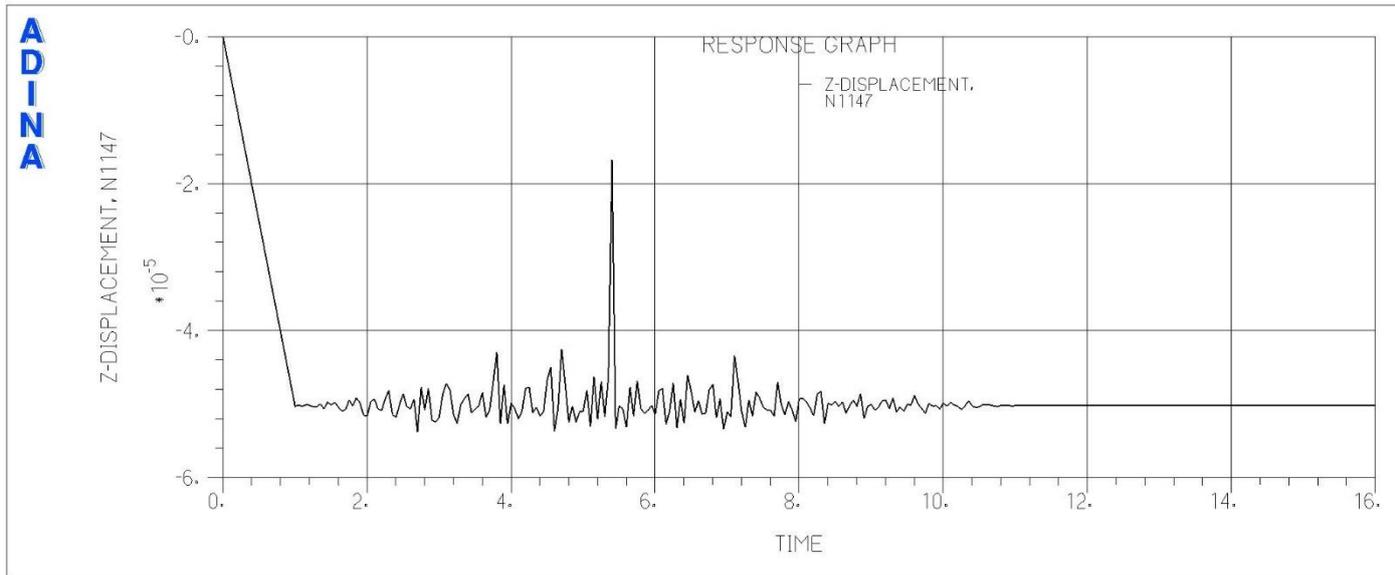


Abbildung 5-201: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

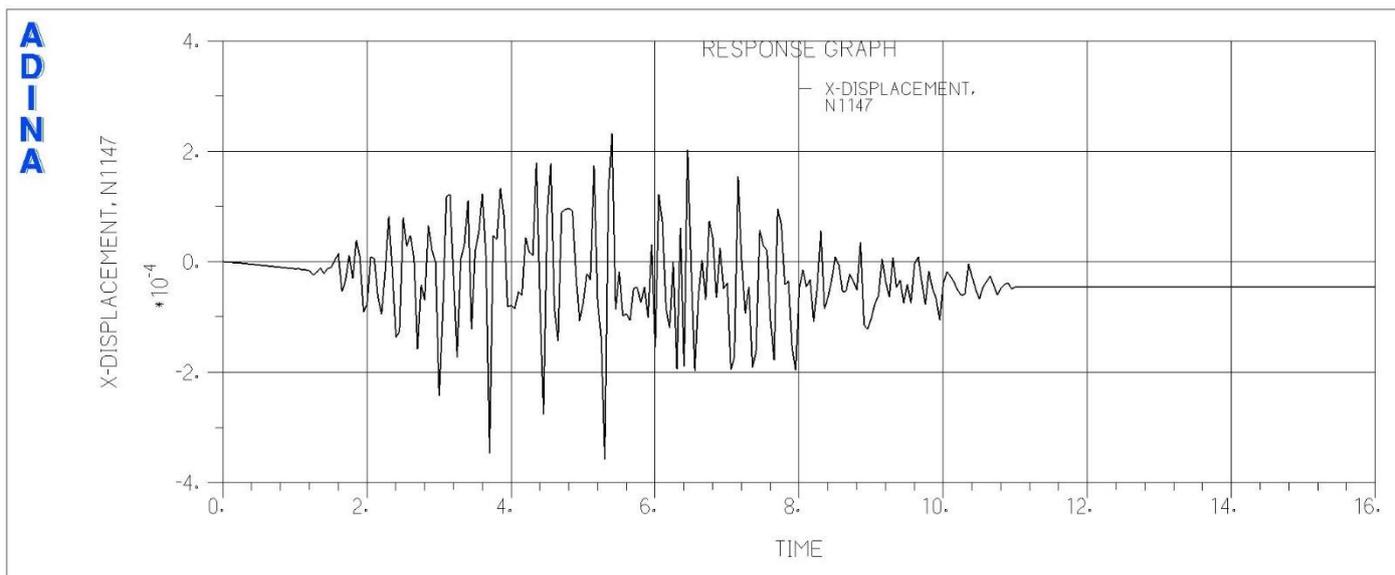


Abbildung 5-202: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

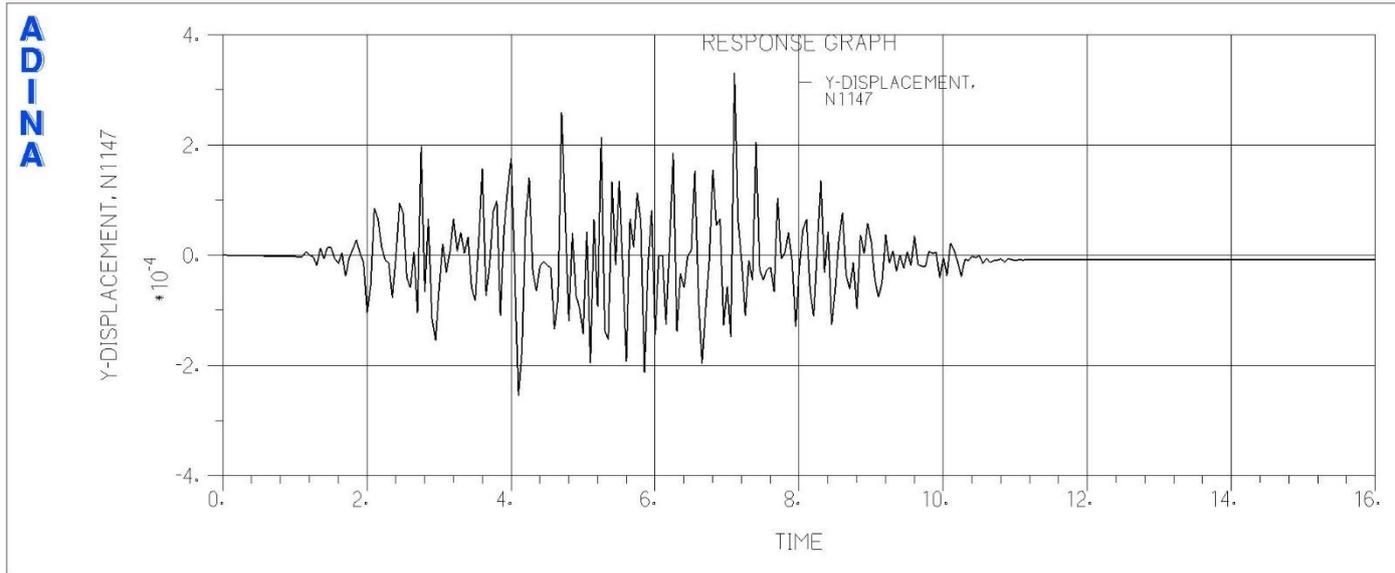


Abbildung 5-203: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

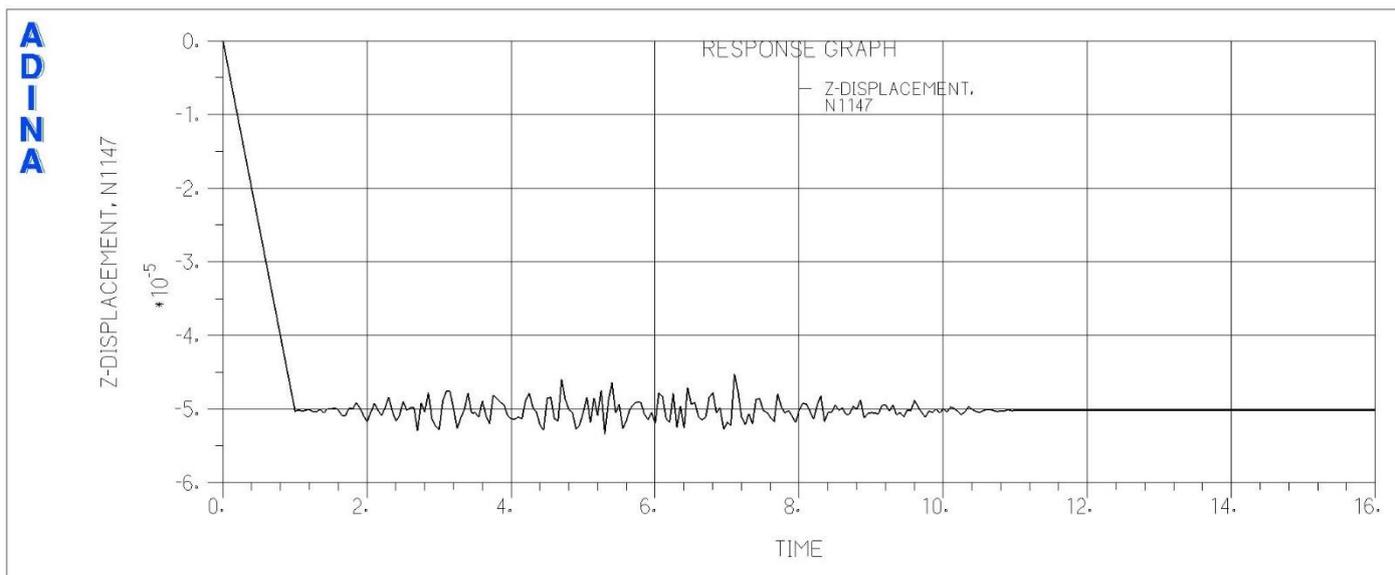


Abbildung 5-204: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

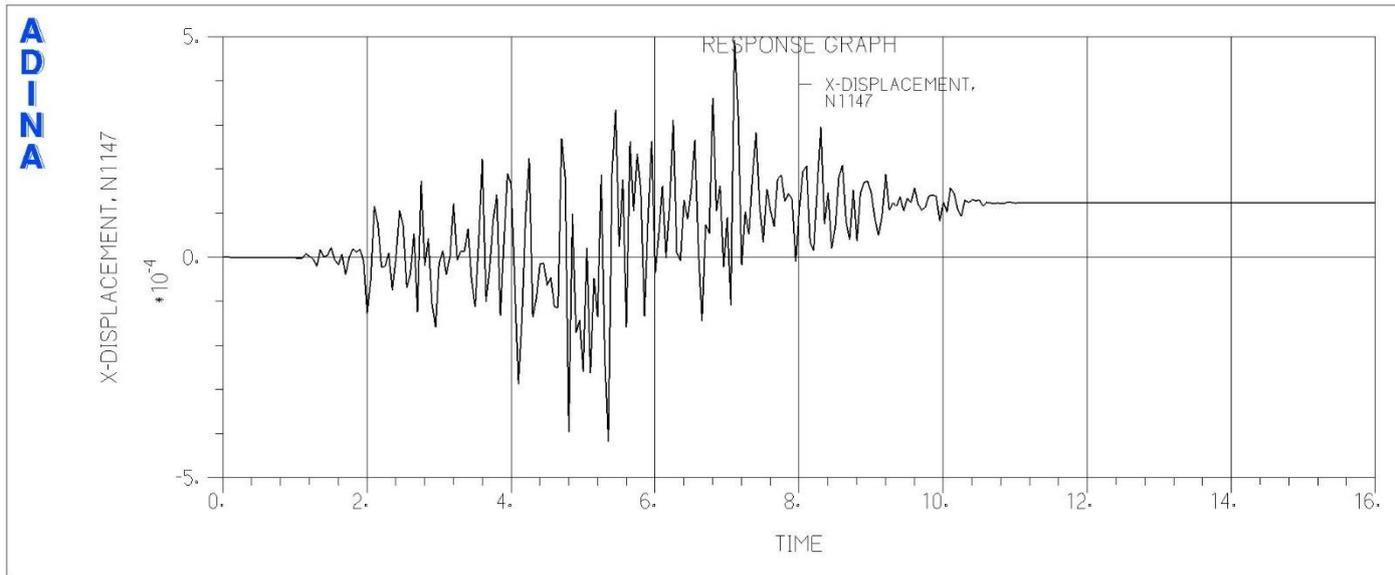


Abbildung 5-205: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

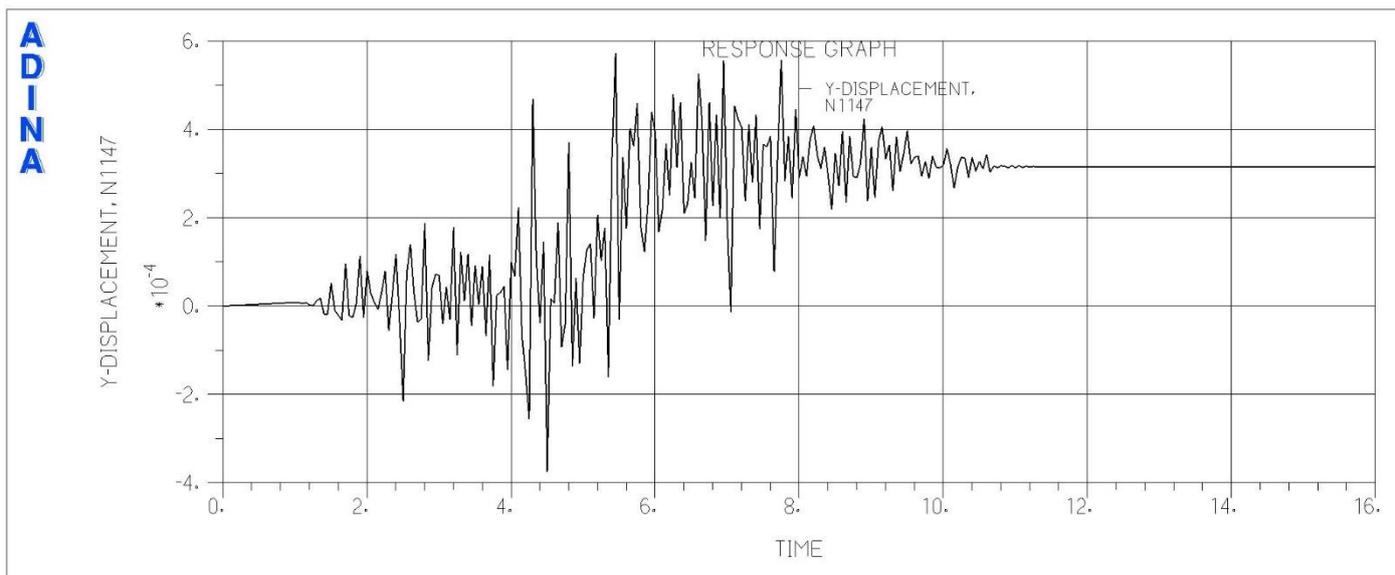


Abbildung 5-206: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

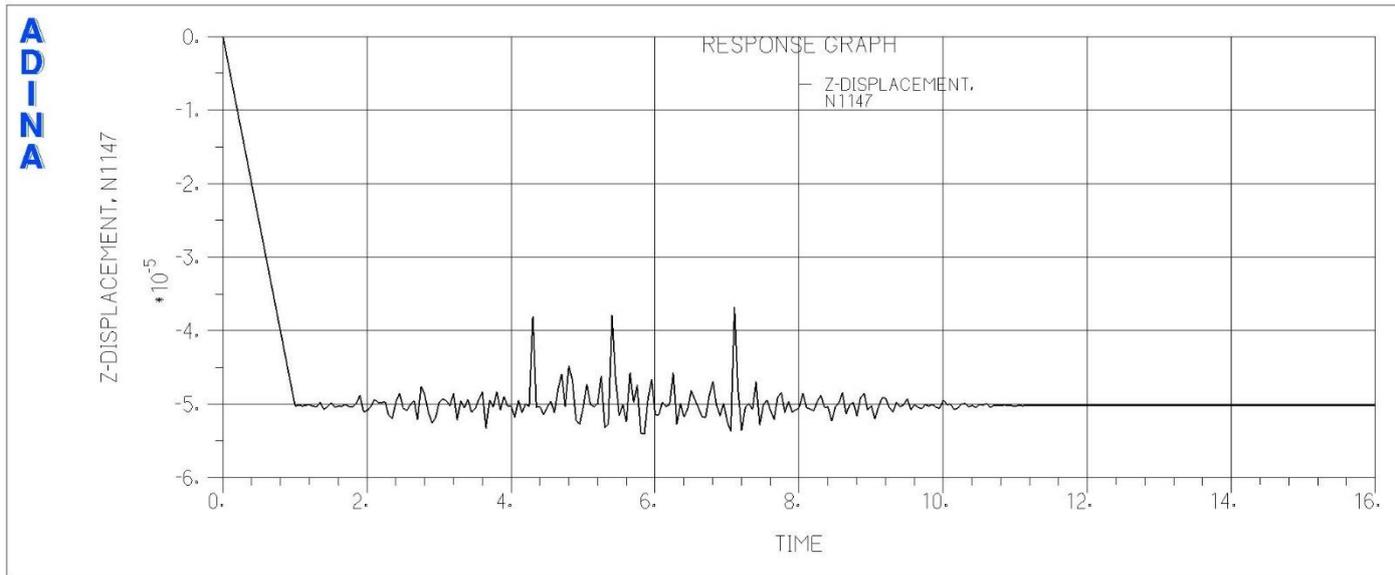


Abbildung 5-207: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

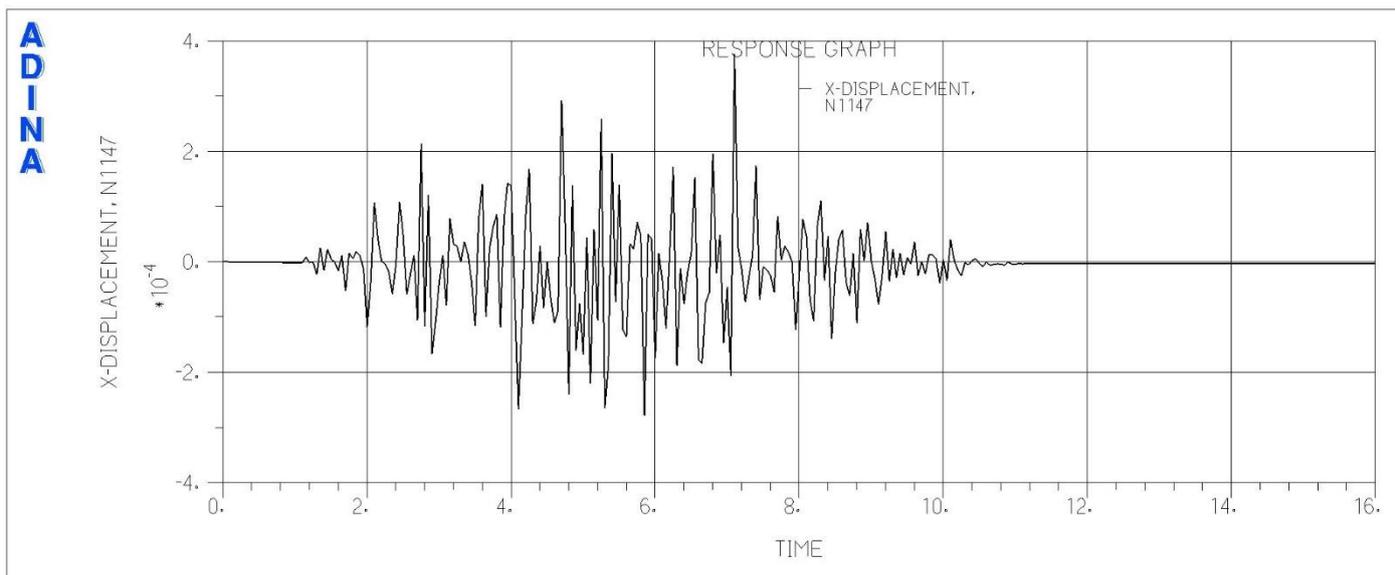


Abbildung 5-208: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

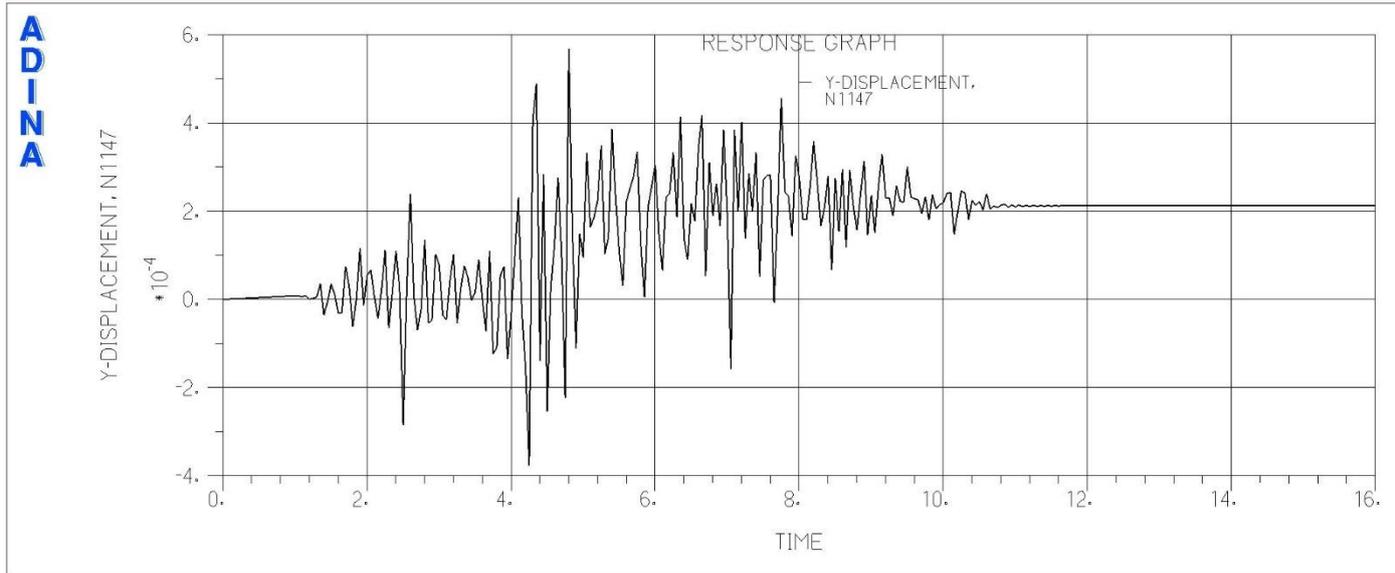


Abbildung 5-209: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

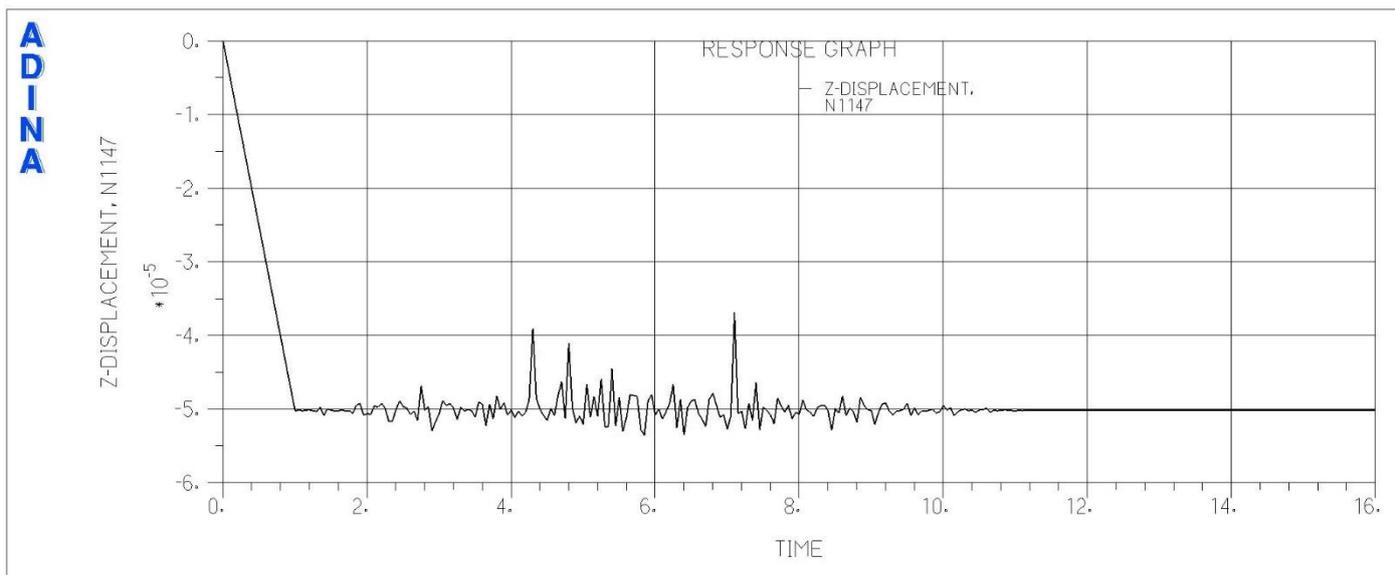


Abbildung 5-210: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

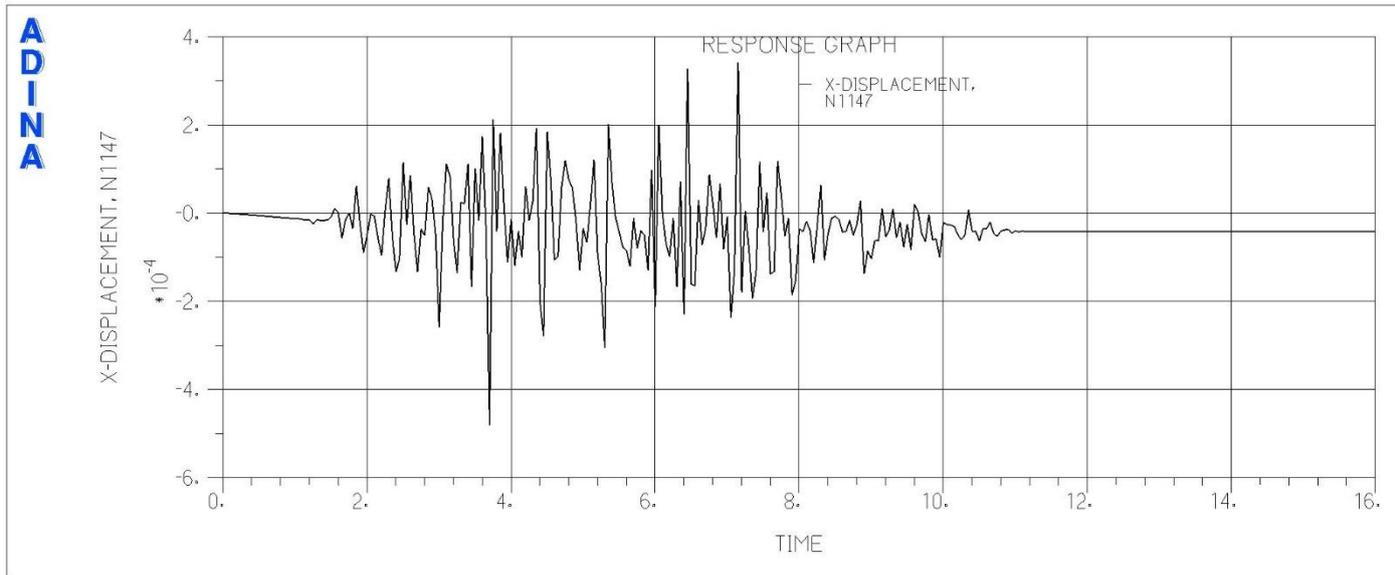


Abbildung 5-211: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

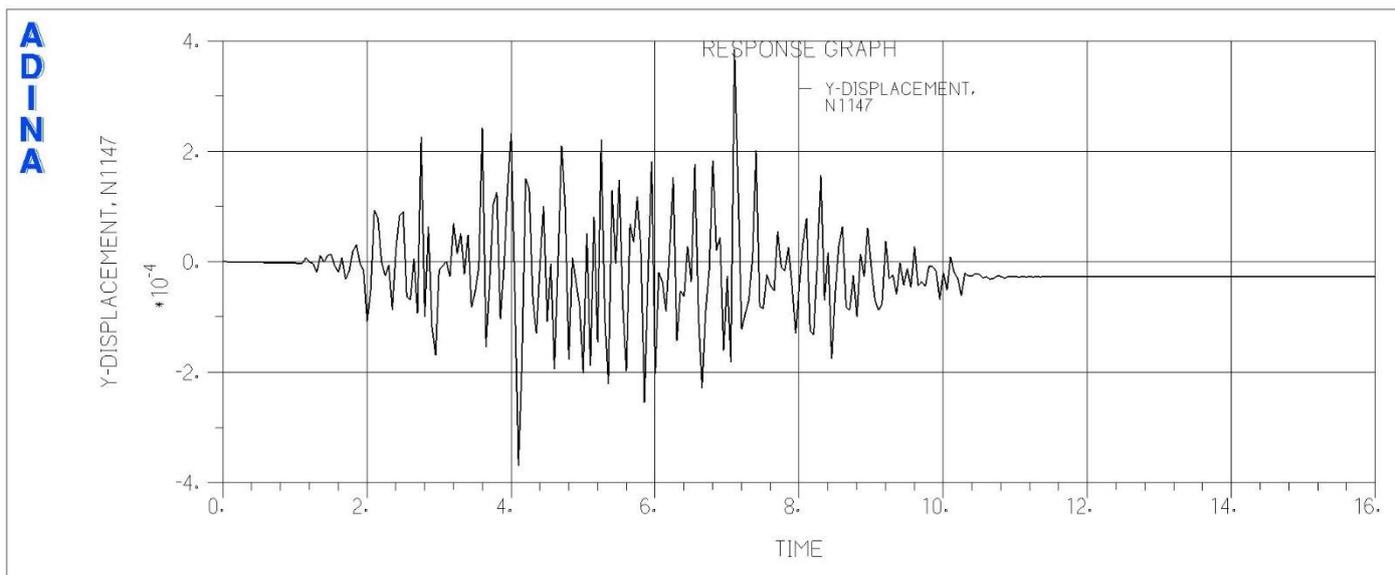


Abbildung 5-212: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

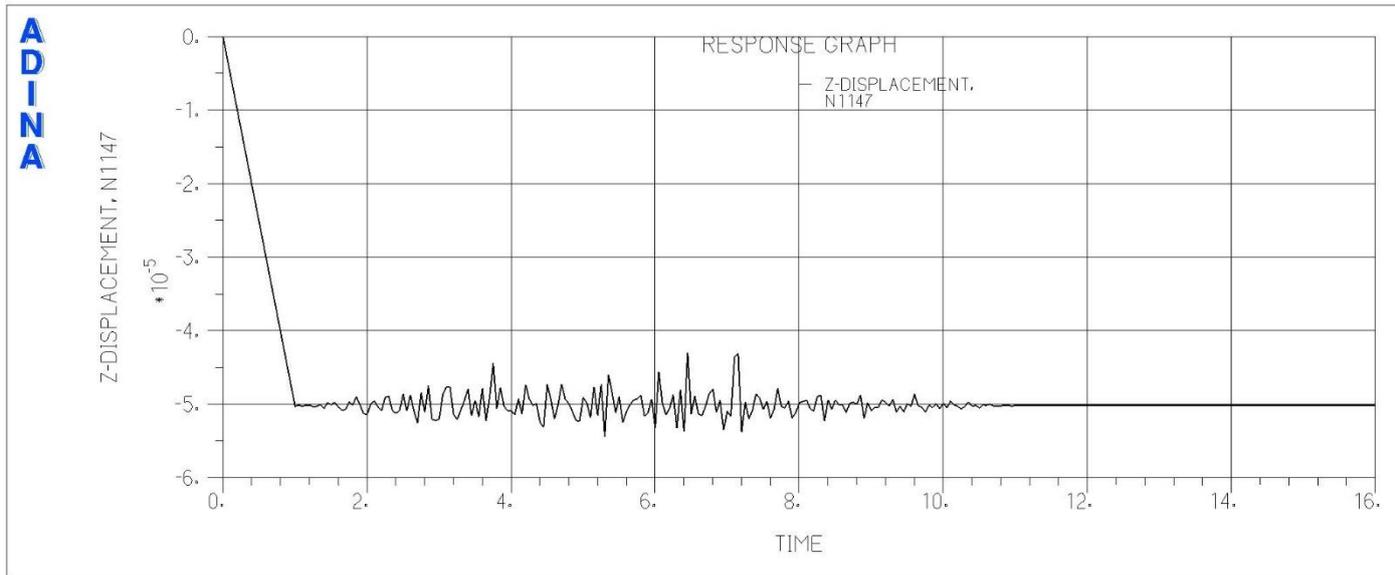


Abbildung 5-213: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.2.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

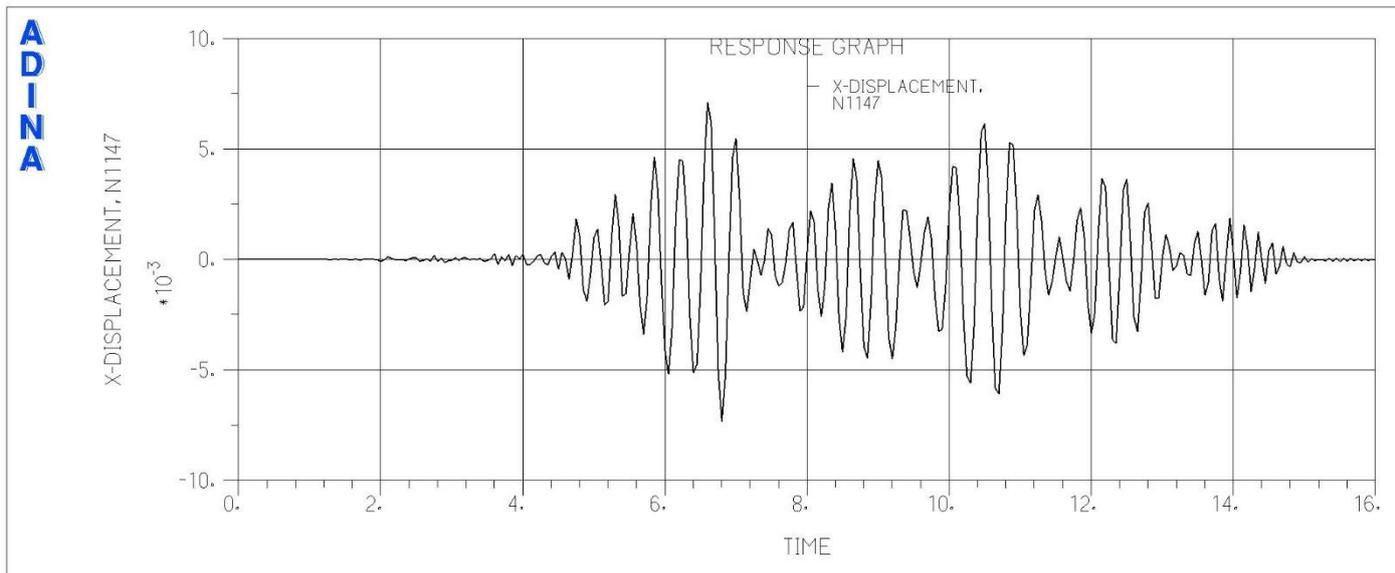


Abbildung 5-214: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

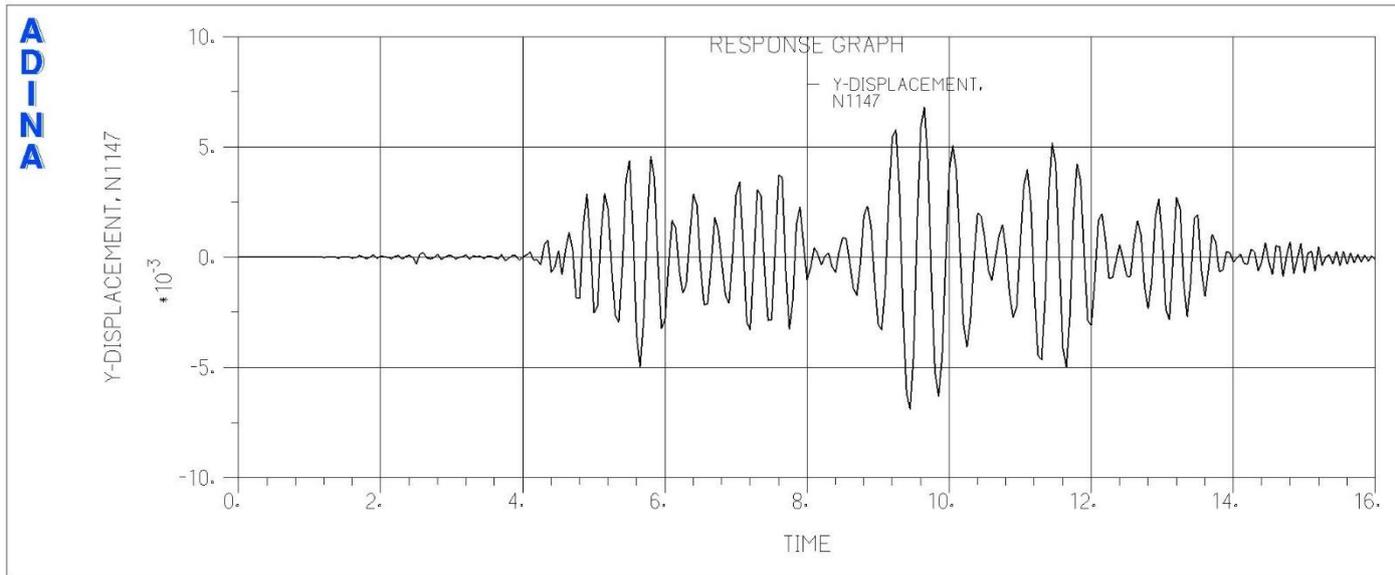


Abbildung 5-215: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

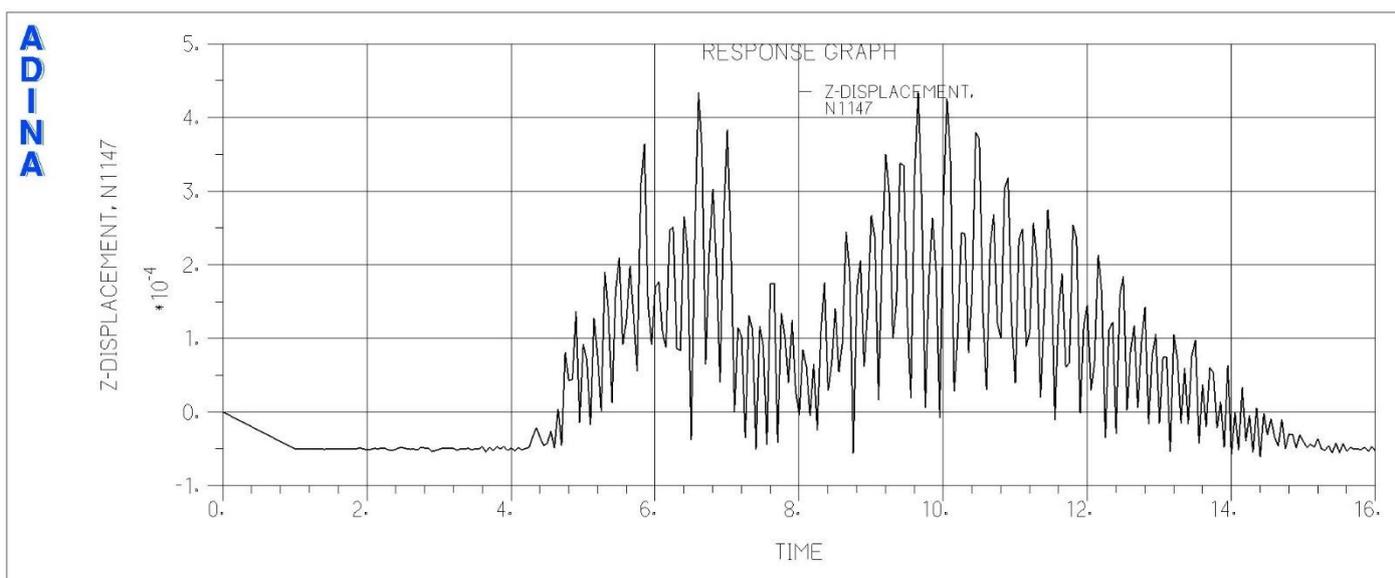


Abbildung 5-216: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half1_123

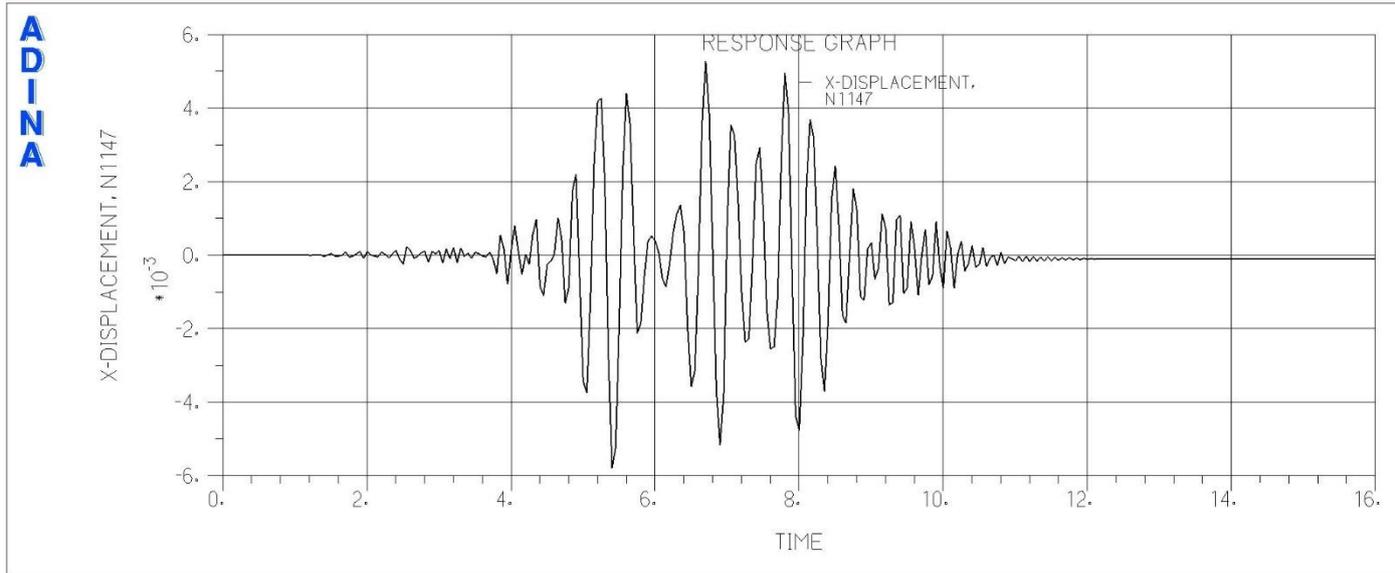


Abbildung 5-217: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

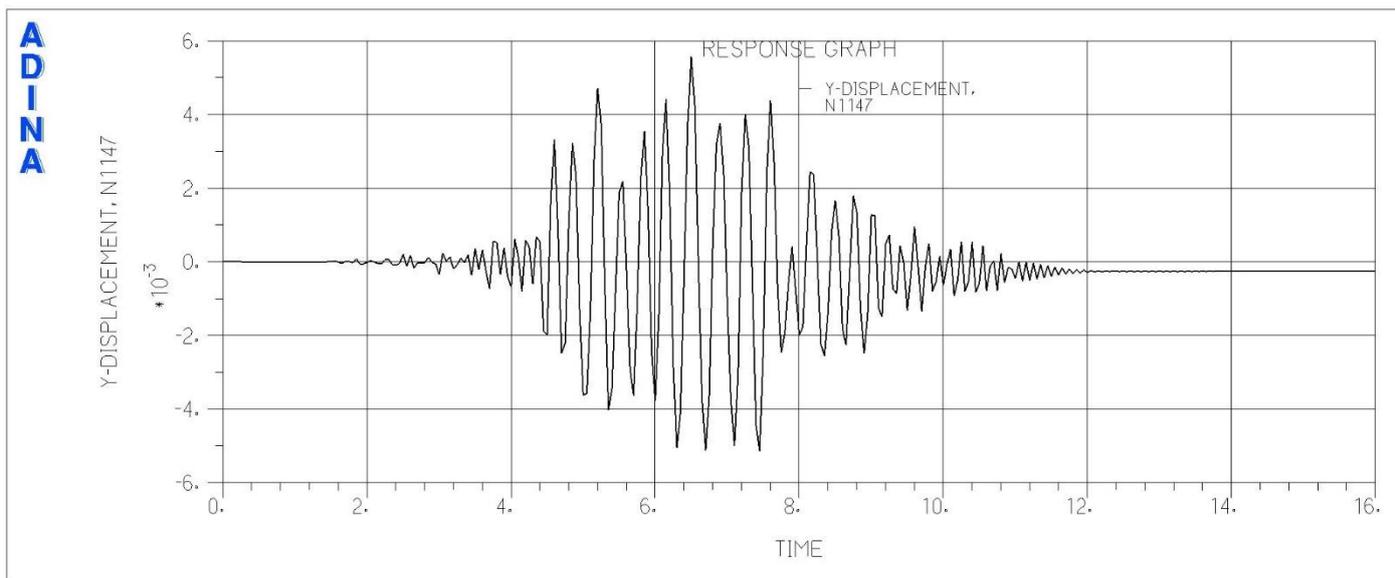


Abbildung 5-218: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

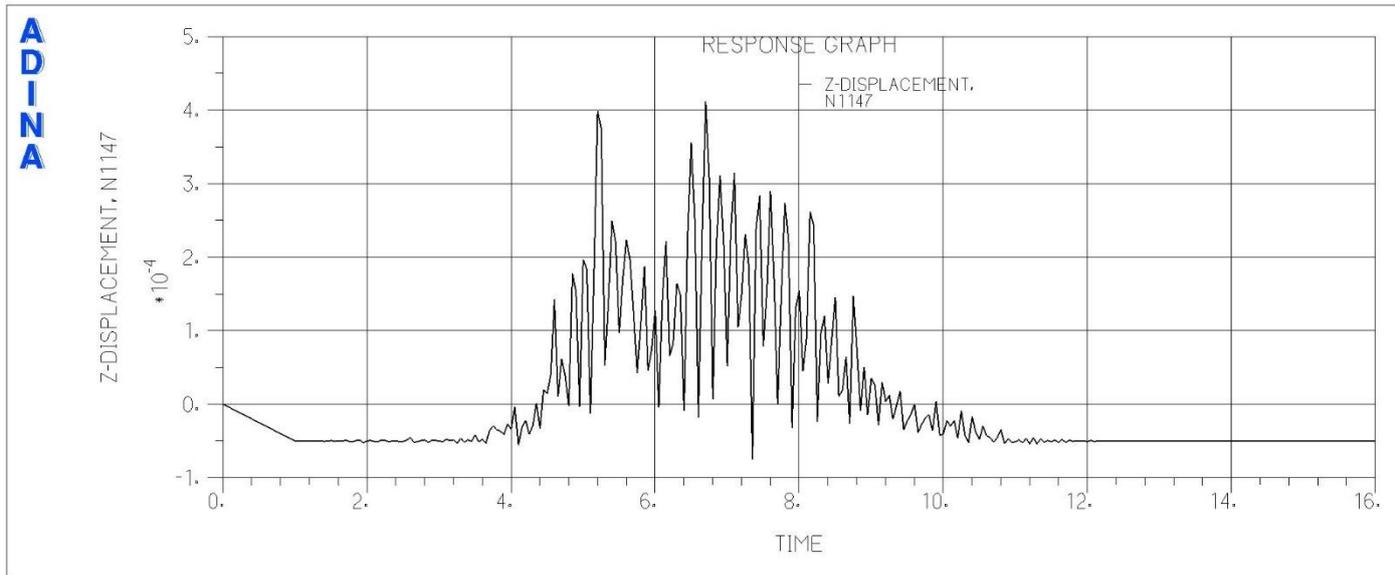


Abbildung 5-219: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231

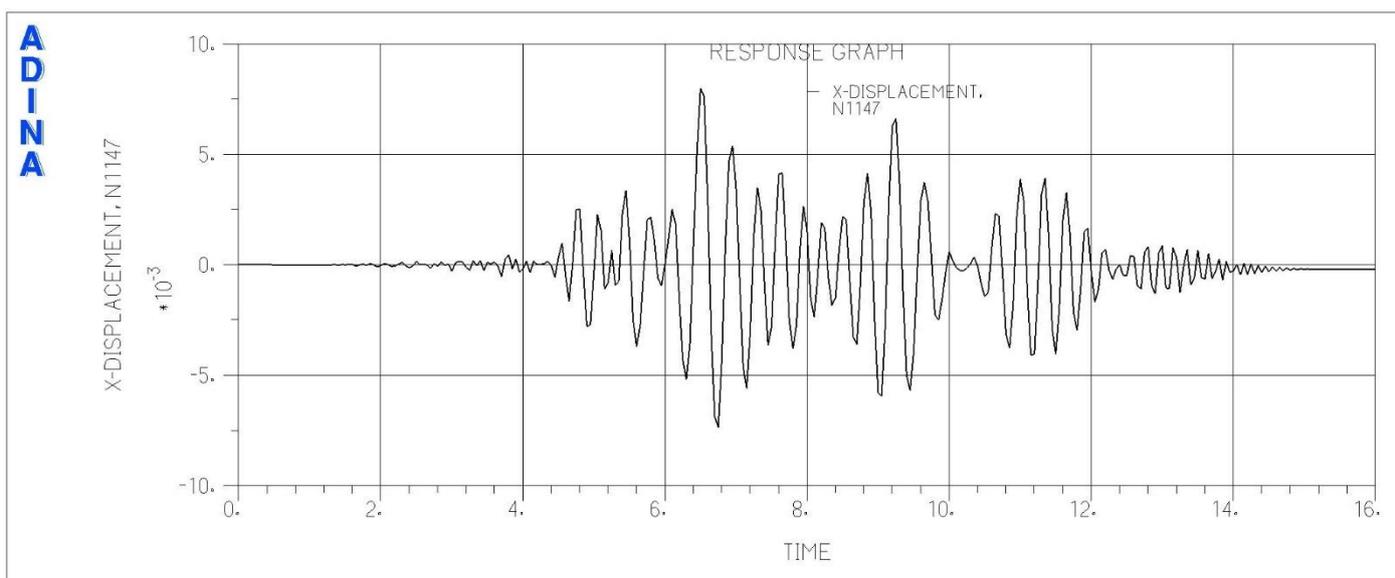


Abbildung 5-220: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

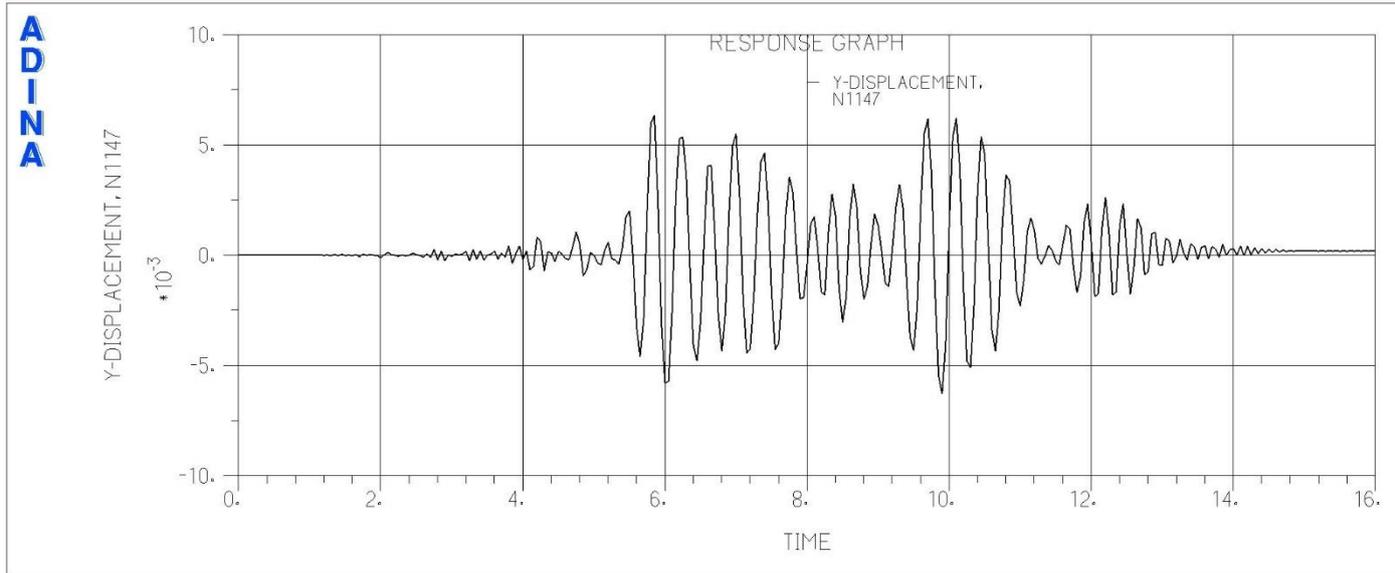


Abbildung 5-221: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

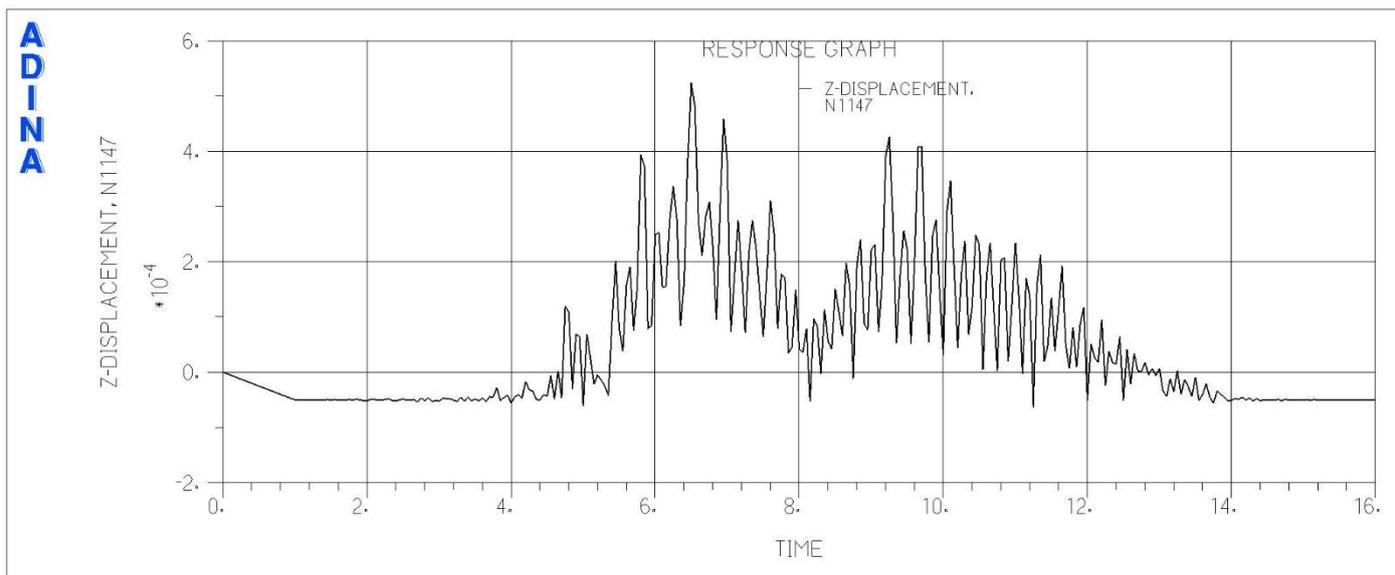


Abbildung 5-222: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_half2_312

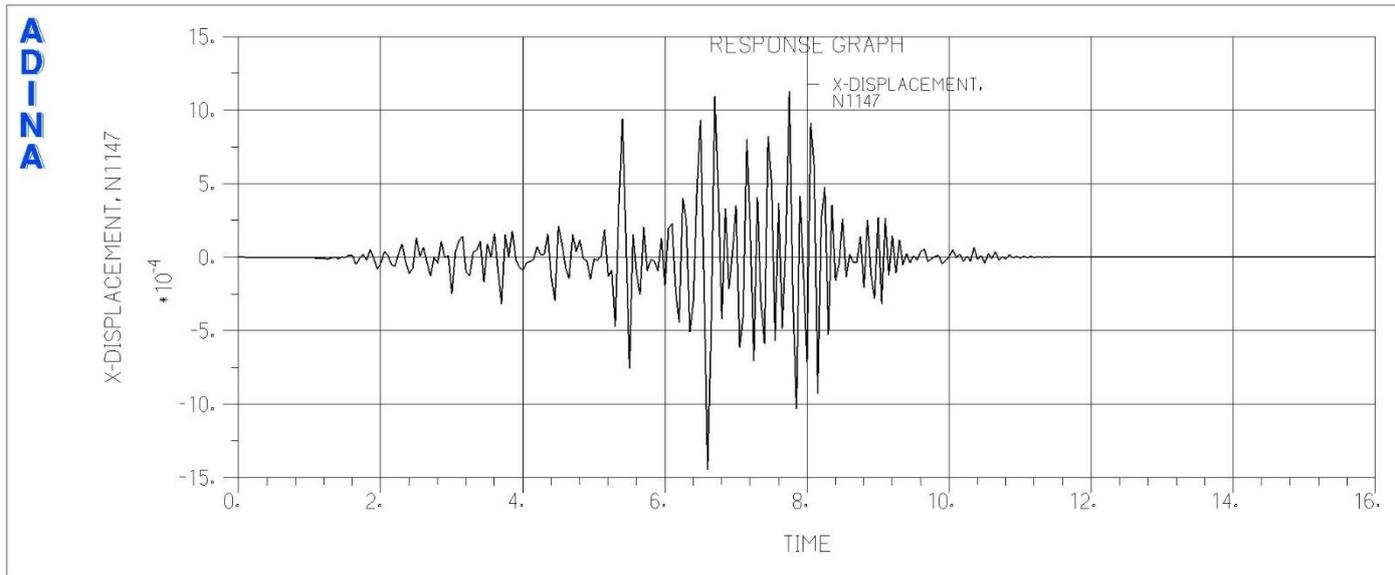


Abbildung 5-223: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

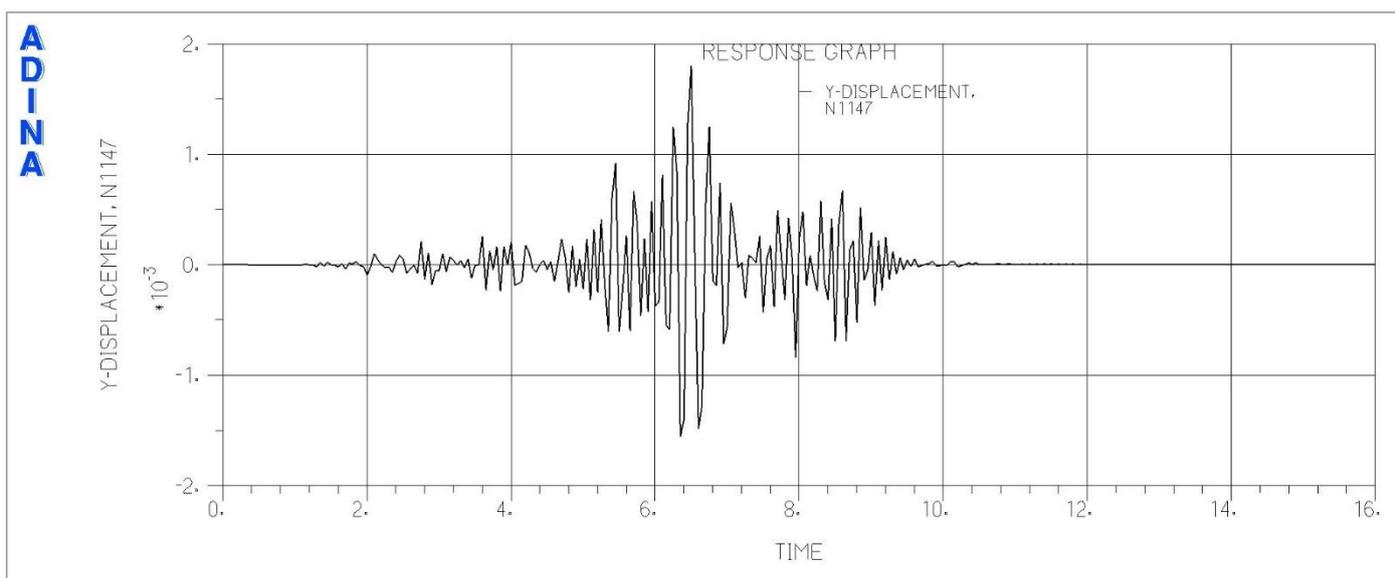


Abbildung 5-224: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

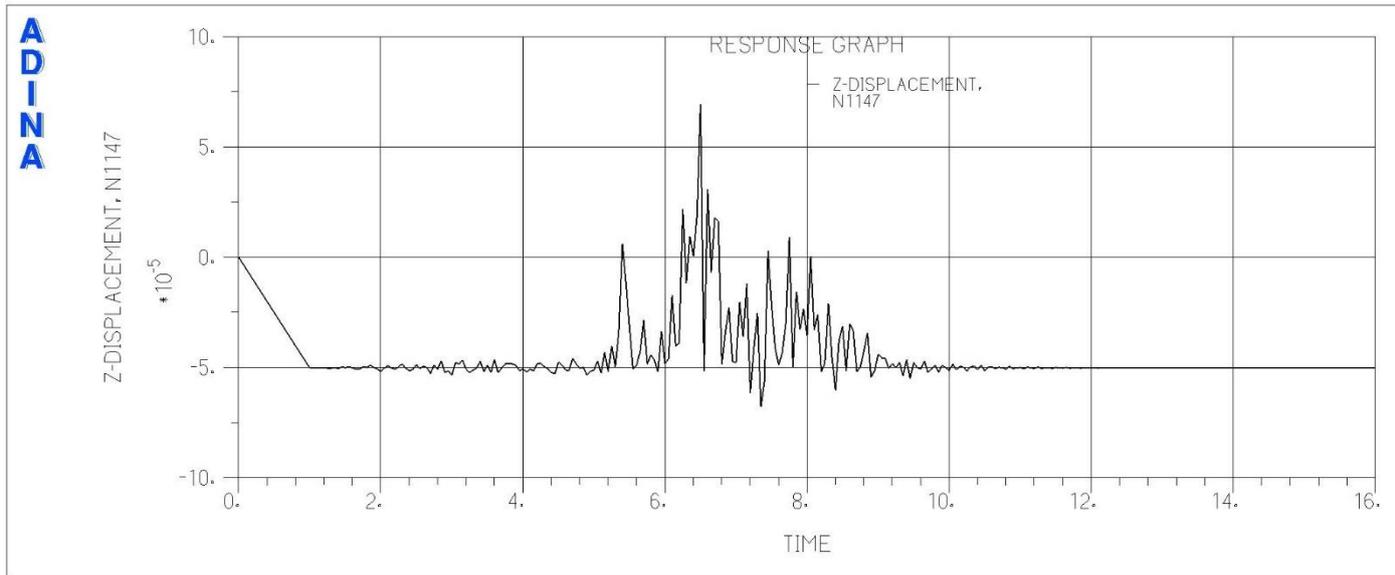


Abbildung 5-225: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_voll_312

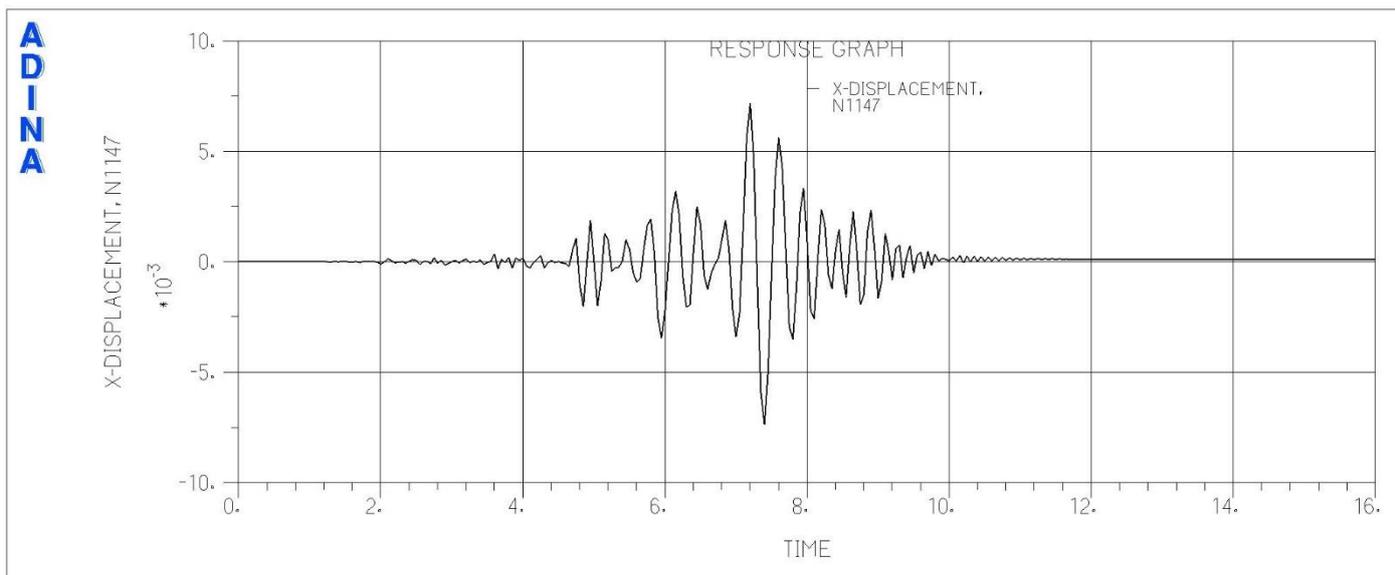


Abbildung 5-226: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

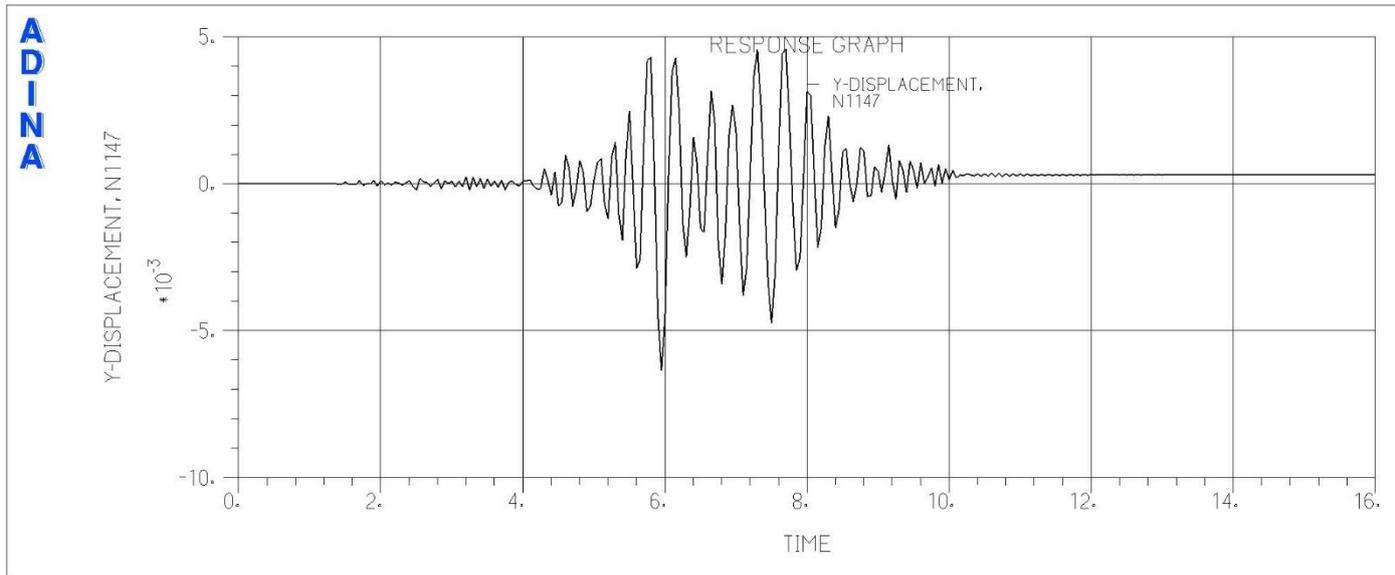


Abbildung 5-227: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

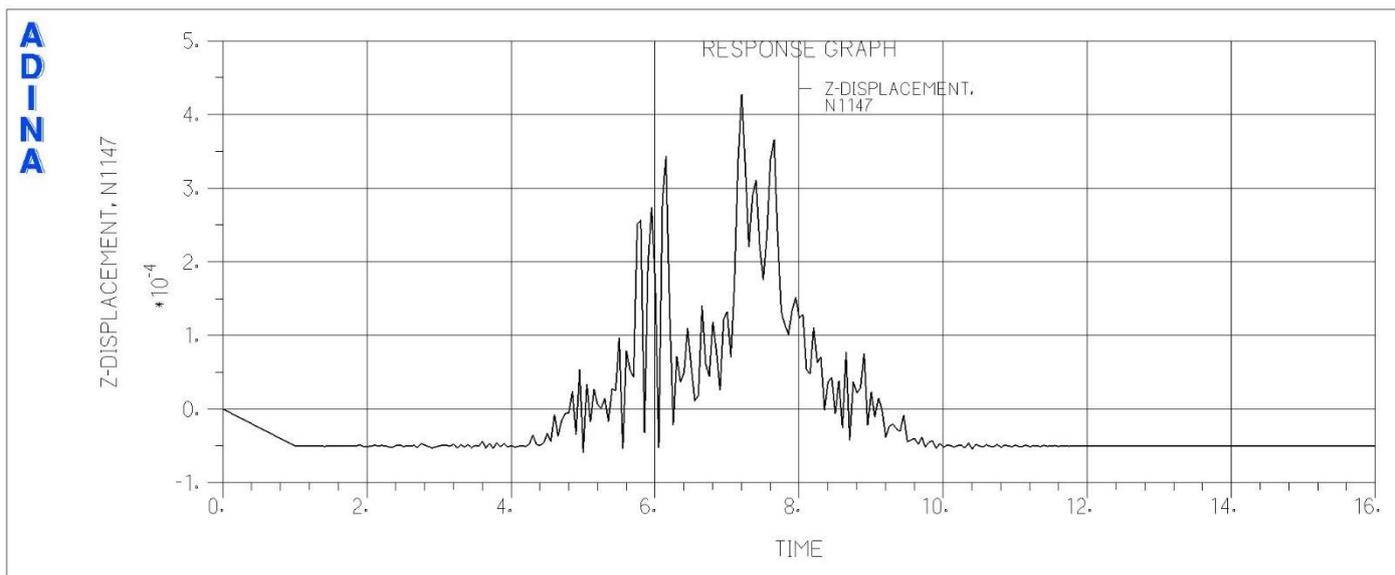


Abbildung 5-228: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max-halb2_123

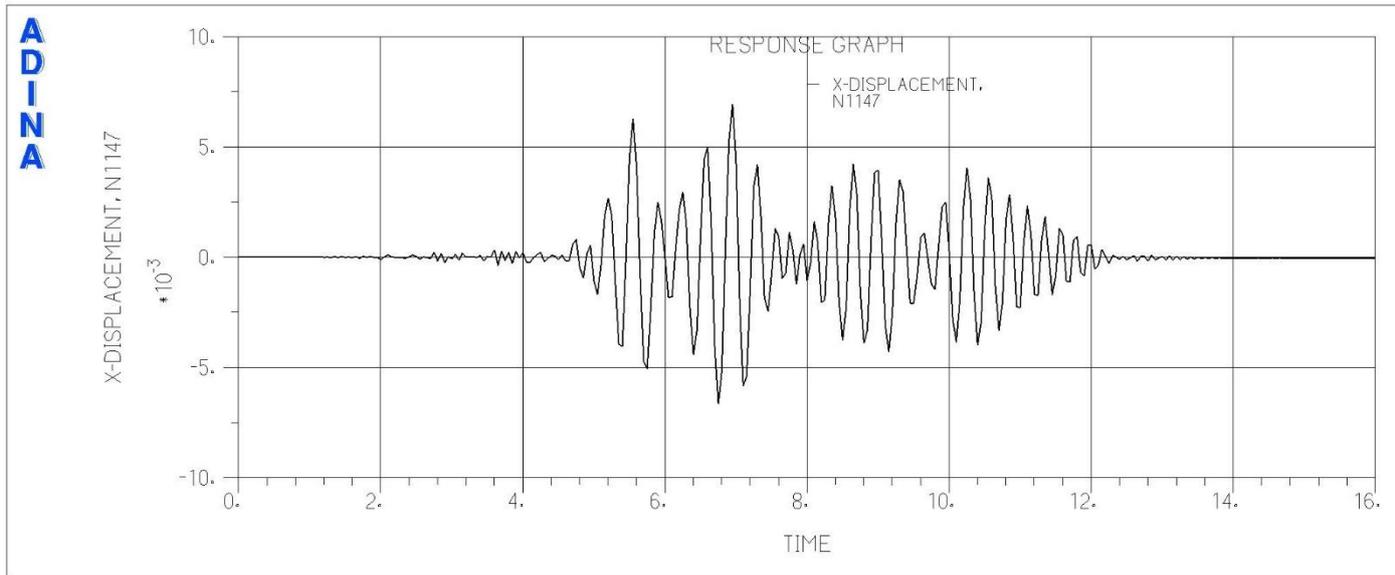


Abbildung 5-229: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

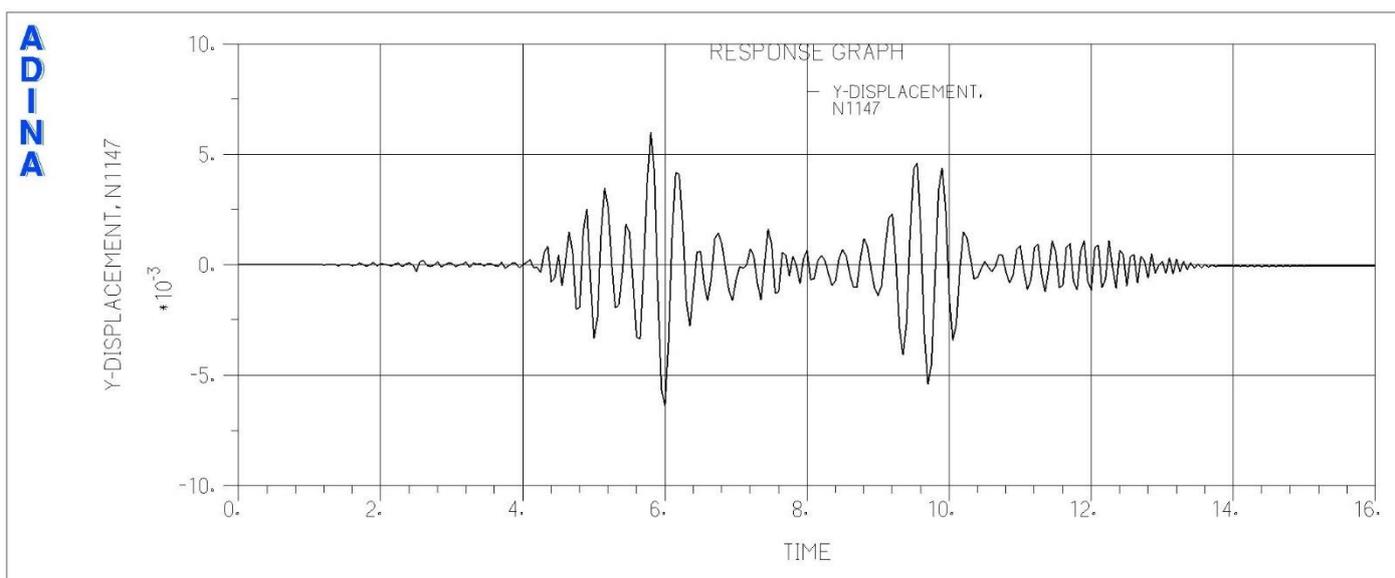


Abbildung 5-230: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

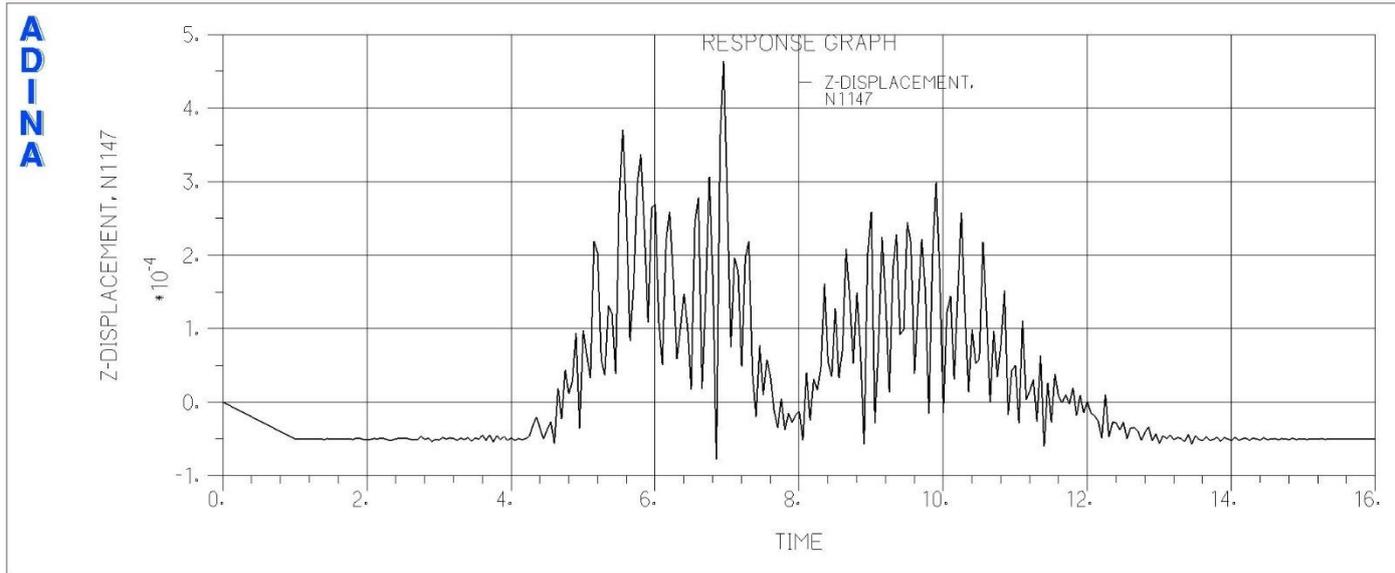


Abbildung 5-231: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_123

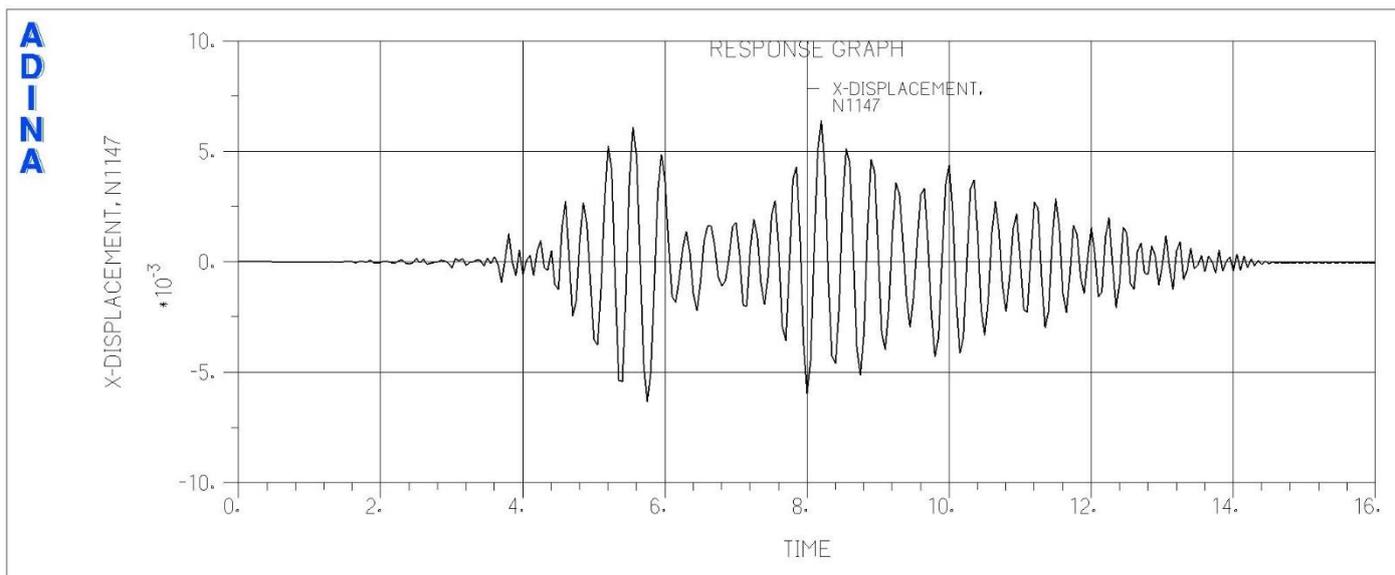


Abbildung 5-232: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

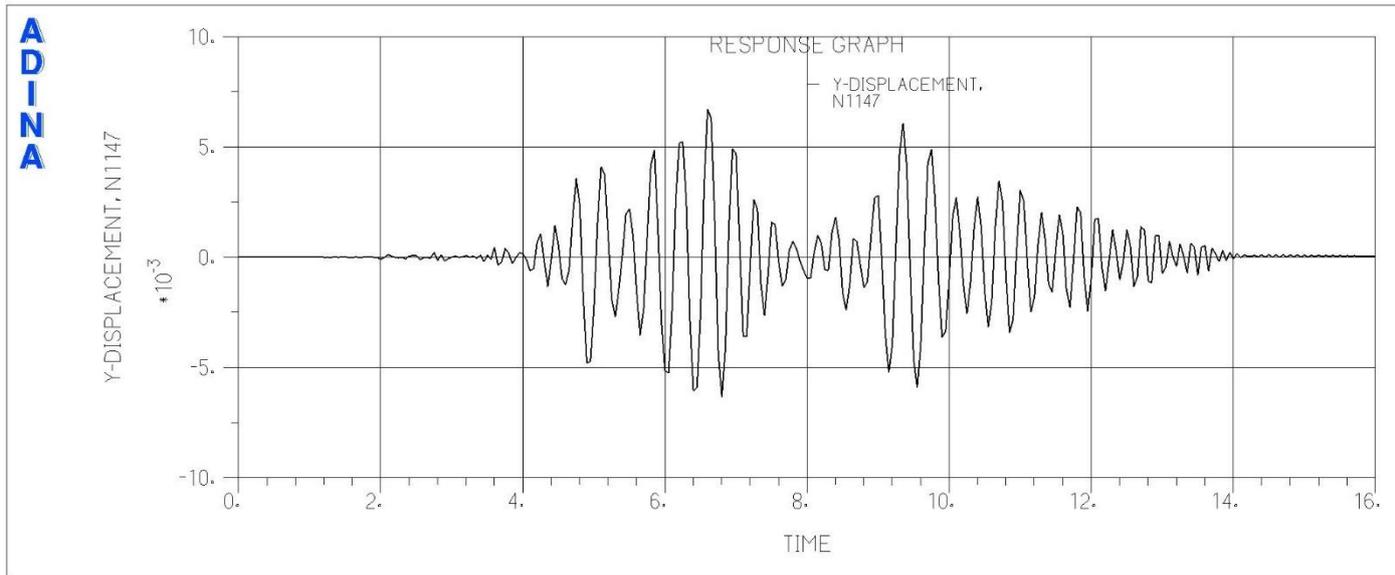


Abbildung 5-233: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

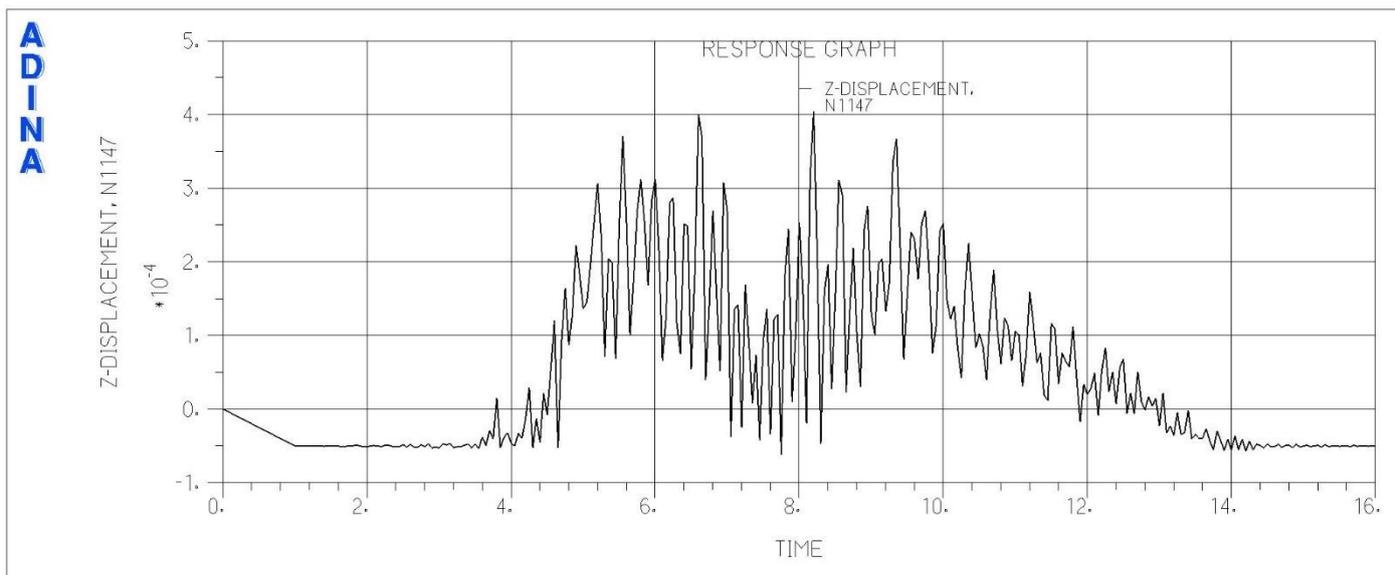


Abbildung 5-234: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.3 BEB: Lagerkräfte Stapelkonstellation 1: 10 / 10 / 10 / 10 t

5.5.3.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

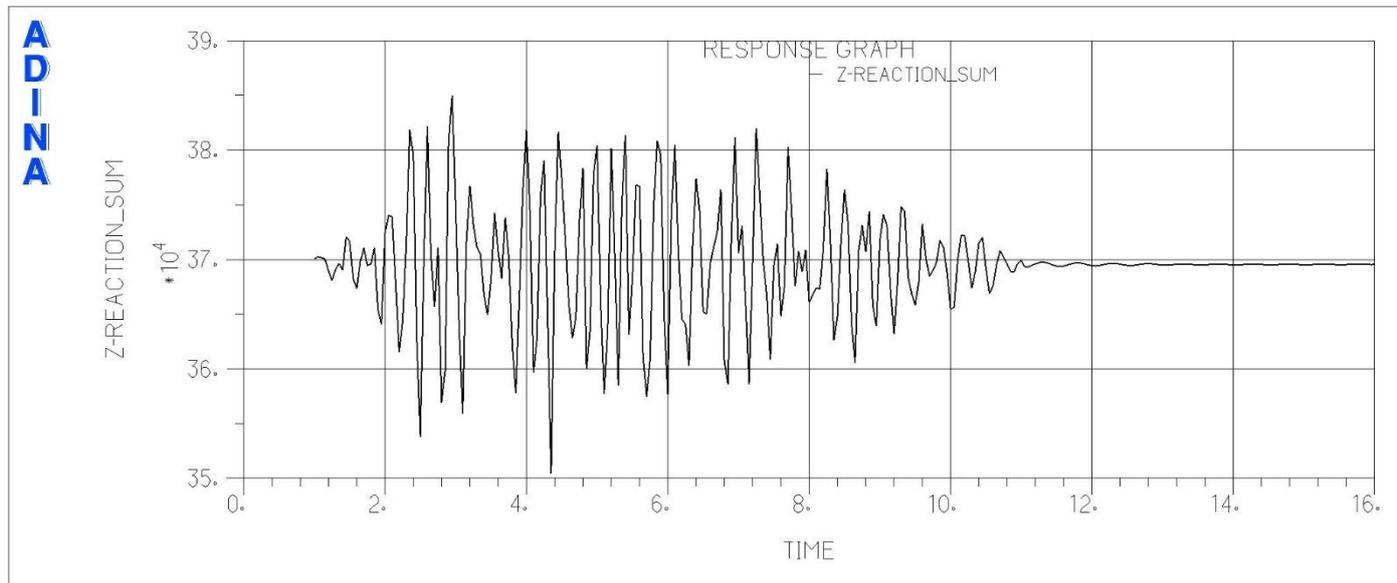


Abbildung 5-235: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half1_123

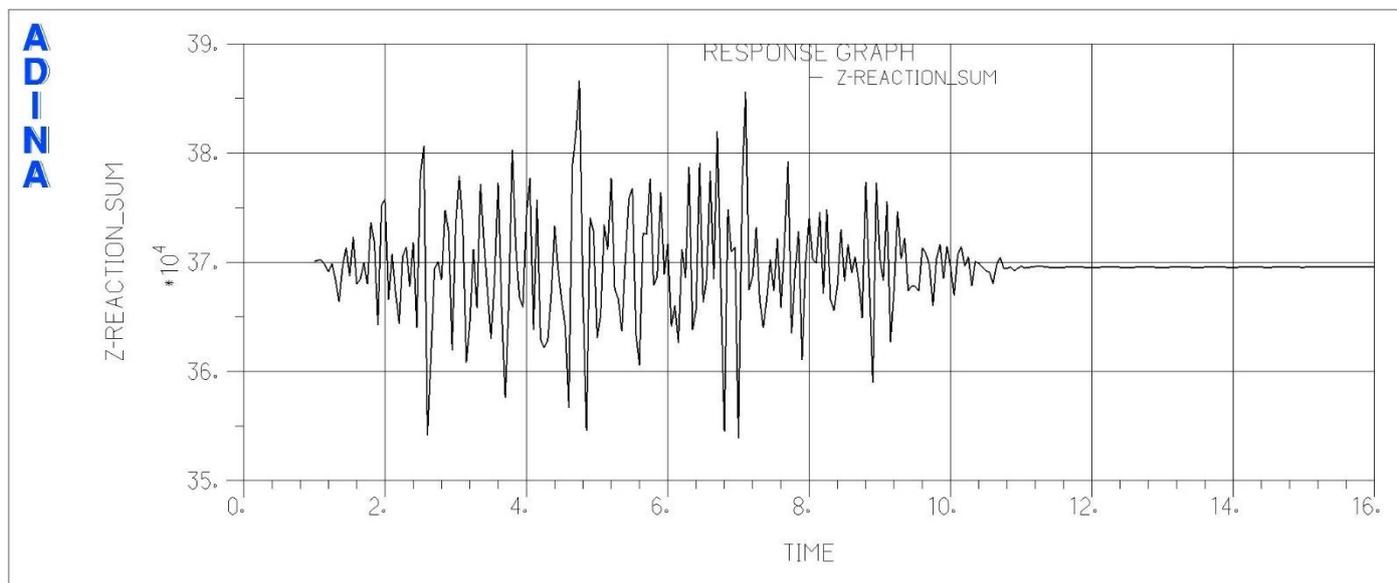


Abbildung 5-236: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_leer_231

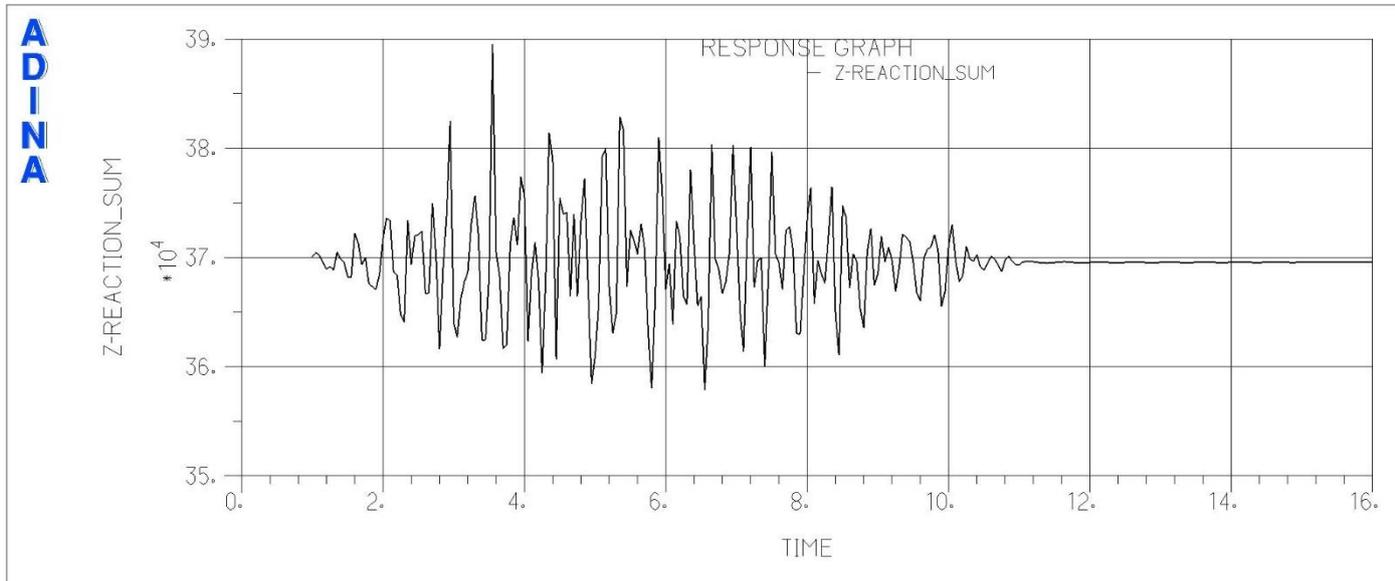


Abbildung 5-237: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half2_312

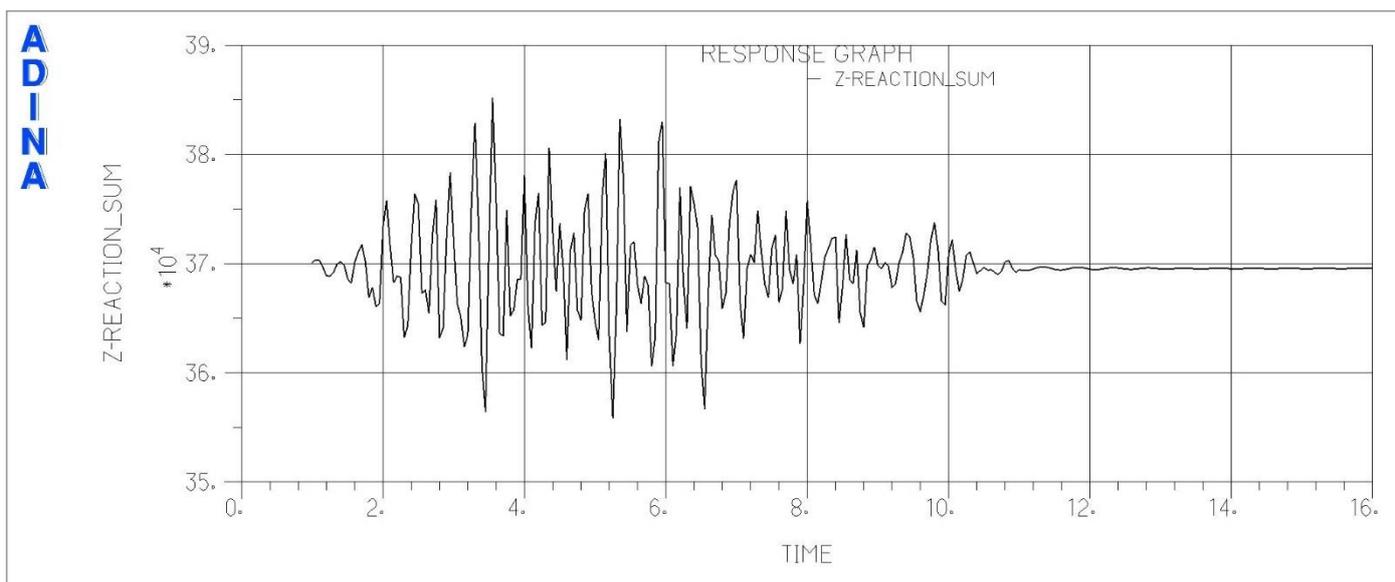


Abbildung 5-238: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_voll_312

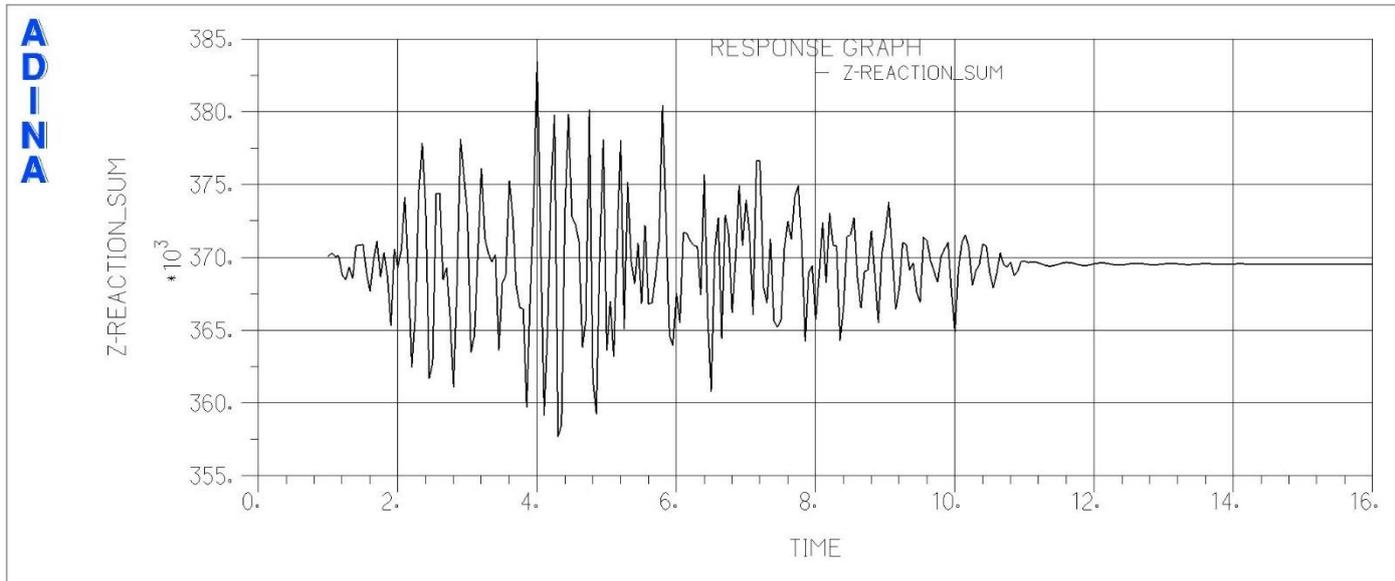


Abbildung 5-239: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max-halb2_123

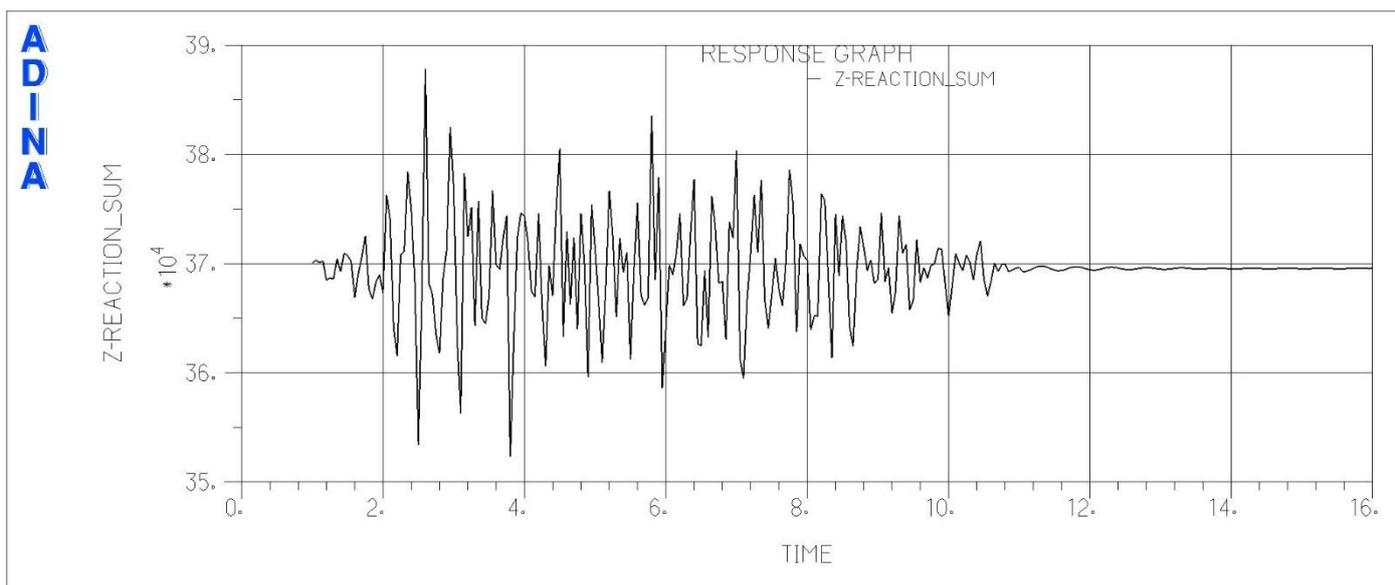


Abbildung 5-240: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_123

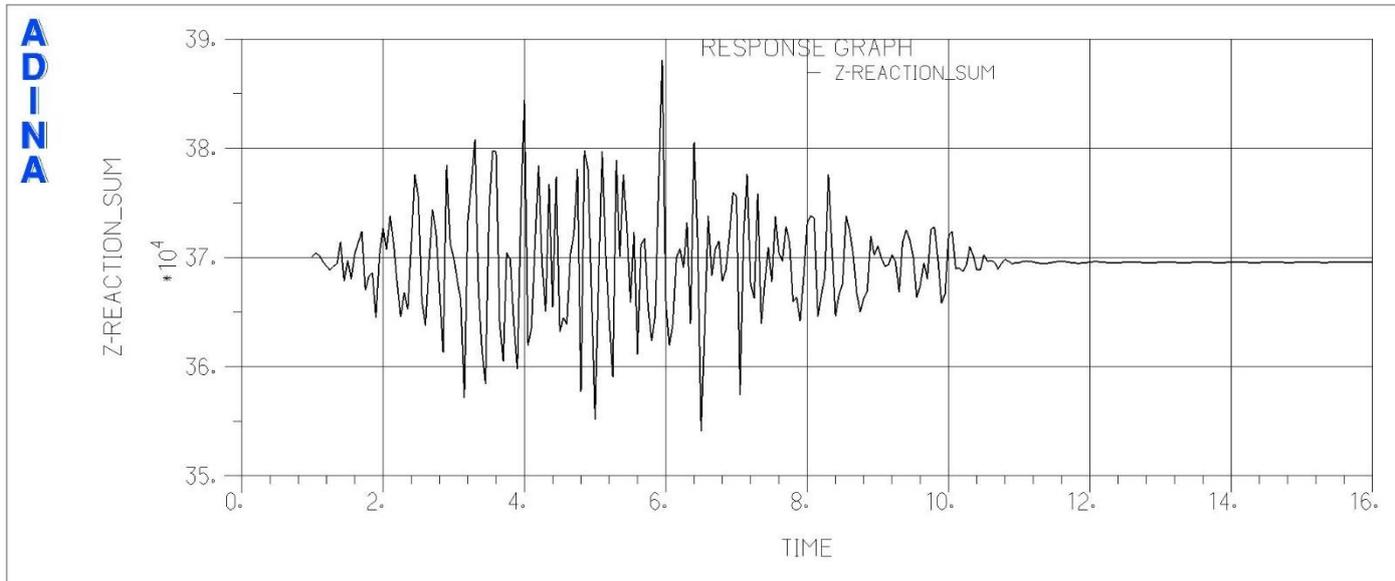


Abbildung 5-241: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.3.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

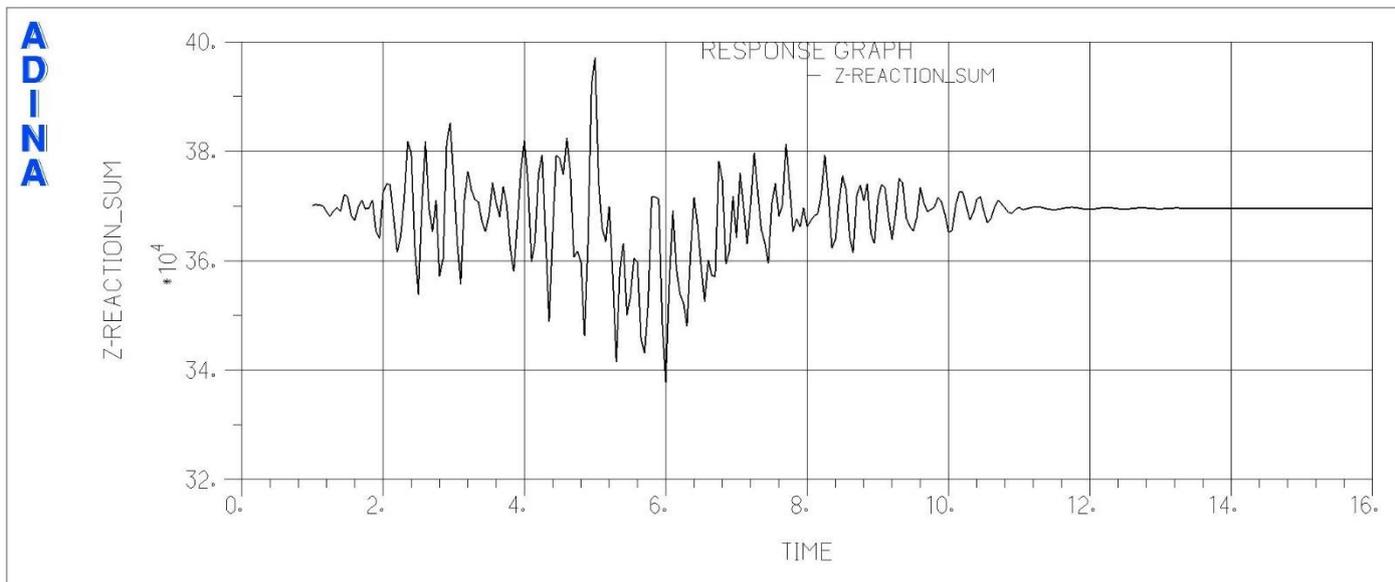


Abbildung 5-242: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half1_123

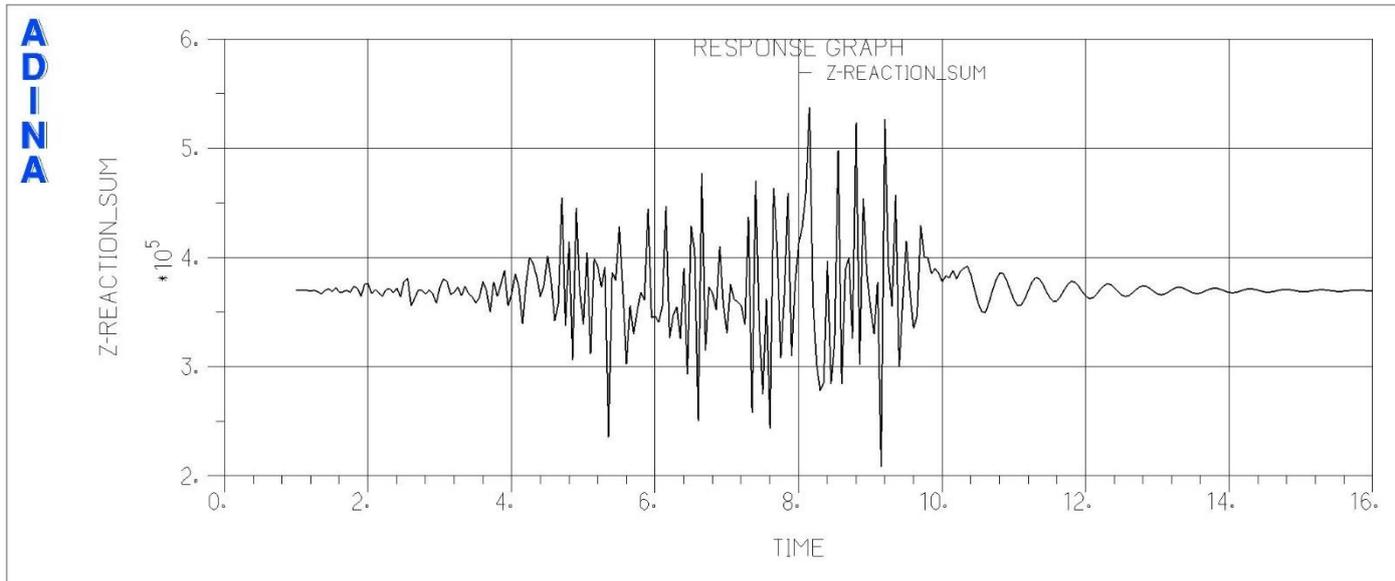


Abbildung 5-243: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_leer_231

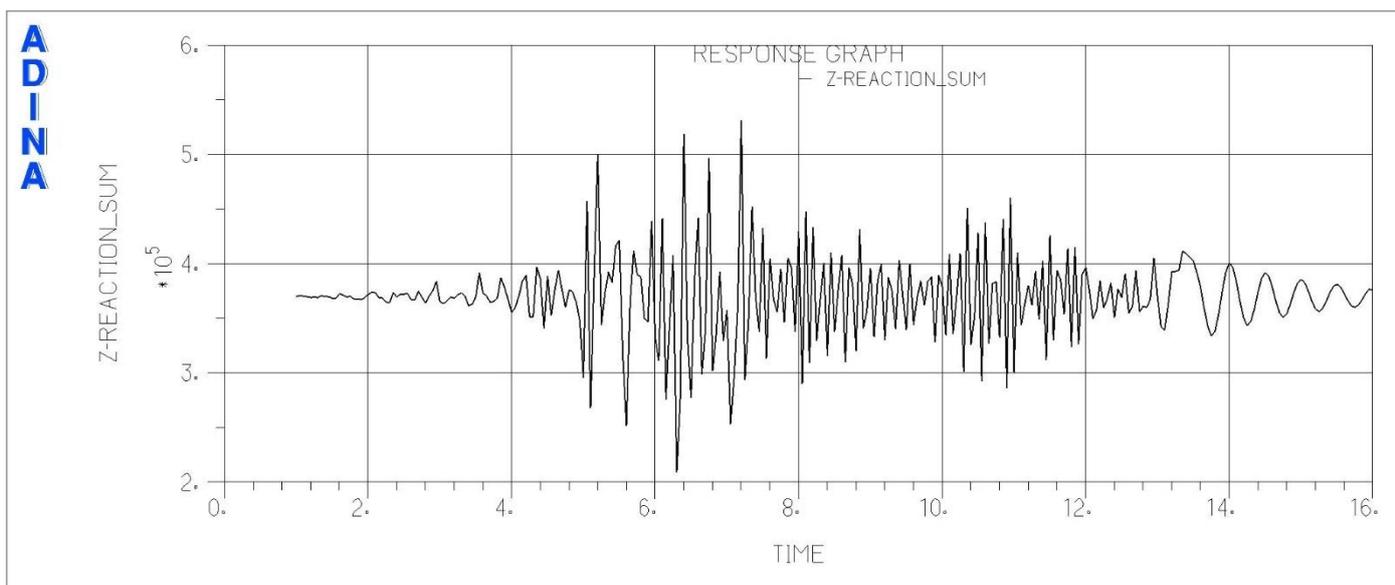


Abbildung 5-244: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half2_312

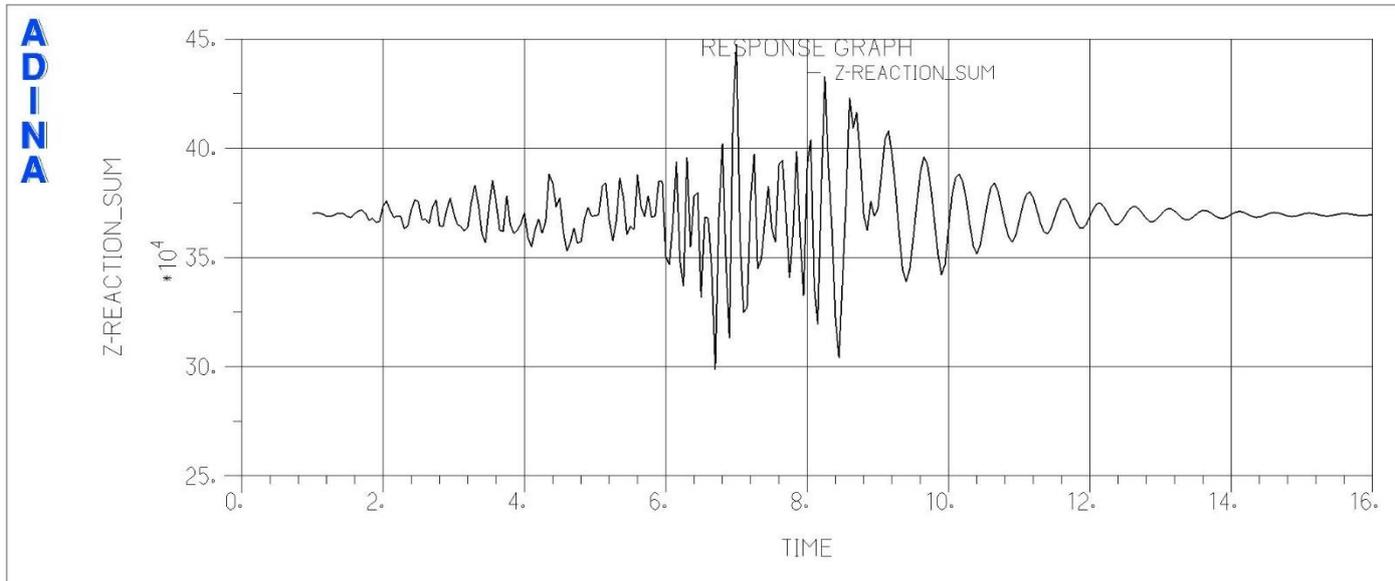


Abbildung 5-245: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_voll_312

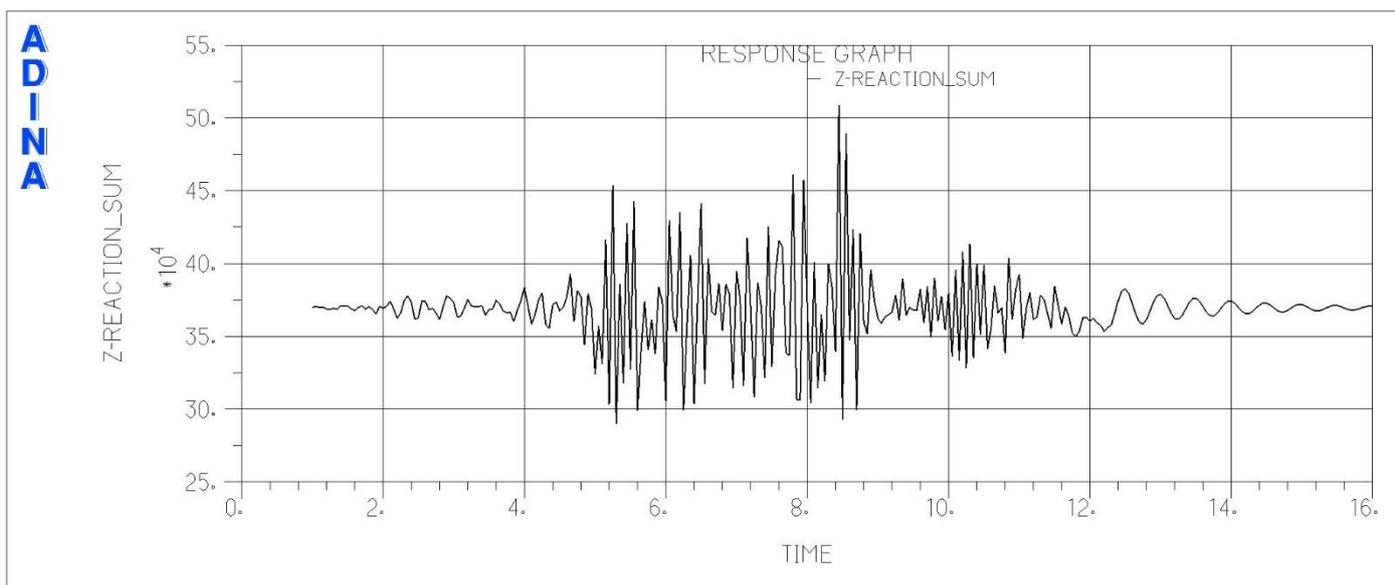


Abbildung 5-246: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max-halb2_123

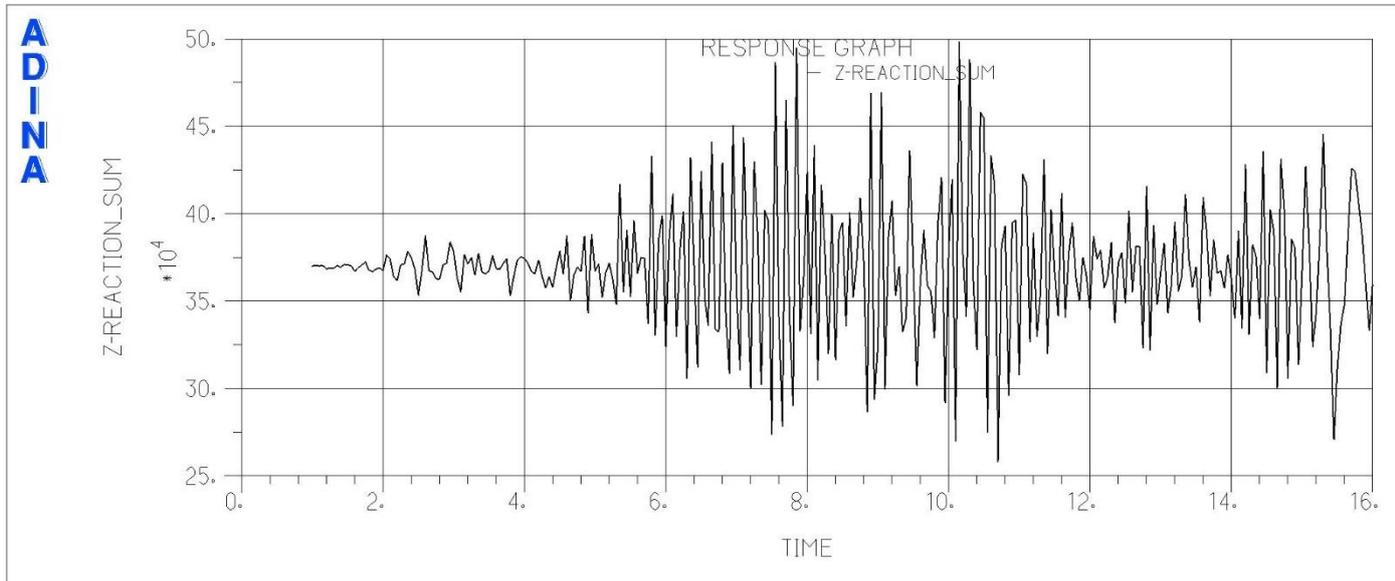


Abbildung 5-247: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_123

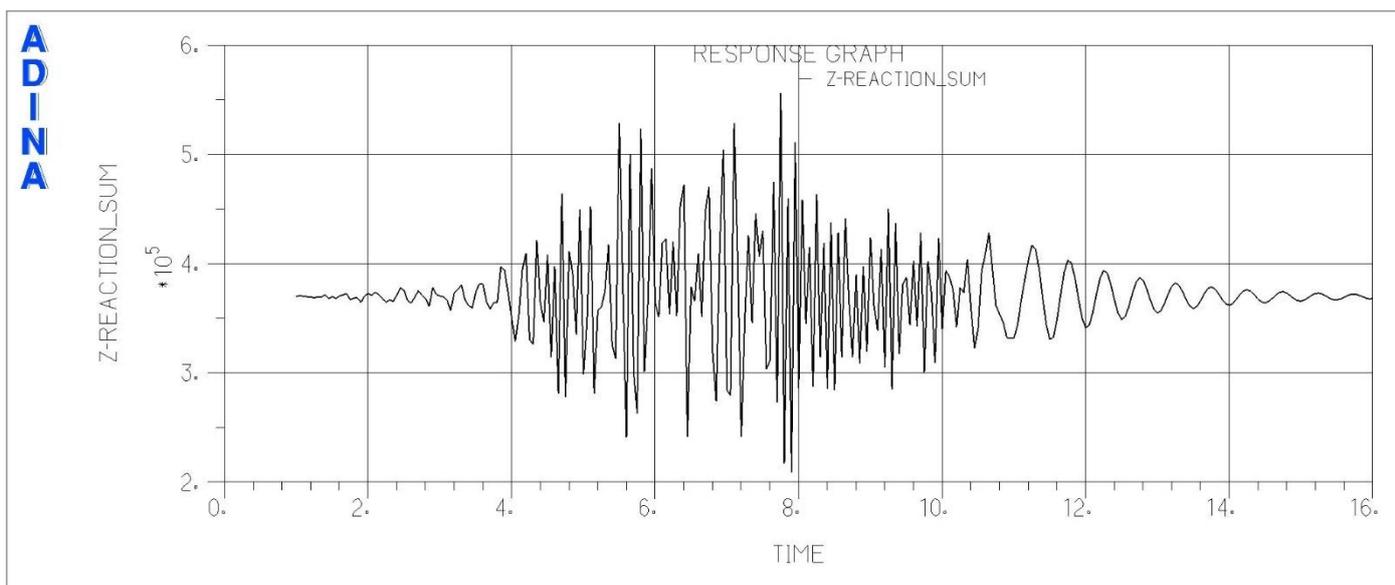


Abbildung 5-248: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.3.3 Maximale Auflagerkräfte

**Tabelle 5-3: 1.2 x BEB: maximale Auflagerkräfte am Fußpunkt der Gebindestapel,
Stapelkonstellation 01 im Zeitbereich $t = 1 \text{ s}$ bis $t = 16 \text{ s}$**

Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10 Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20$ / $\mu = 0.10$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_max_half1_123, Knoten 108	385
B1_max_leer_231, Knoten 108	385
B1_max_half2_312, Knoten 107	390
B1_max_voll_312, Knoten 108	385
B2_max_half2_123, Knoten 104	385
B2_max_half1_123, Knoten 103	387
B2_max_half1_312, Knoten 103	388
Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10 Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60$ / $\mu = 0.20$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_max_half1_123, Knoten 108	397
B1_max_leer_231, Knoten 108	540
B1_max_half2_312, Knoten 107	520
B1_max_voll_312, Knoten 108	450
B2_max_half2_123, Knoten 104	510
B2_max_half1_123, Knoten 103	500
B2_max_half1_312, Knoten 103	550

5.5.4 BEB: Lagerkräfte Stapelkonstellation 2: 5 / 5 / 5 / 10 t

5.5.4.1 Reibungskonfiguration a (Beton-Stahl $\mu = 0.20$, Stahl-Stahl $\mu = 0.10$)

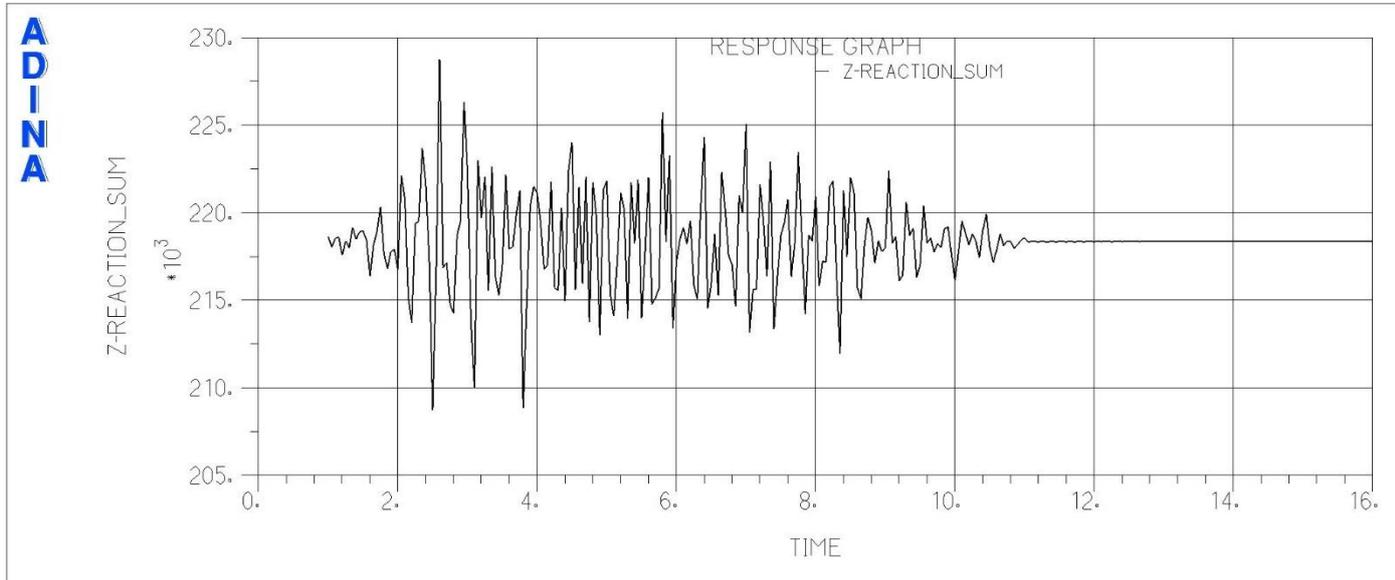


Abbildung 5-249: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half1_123

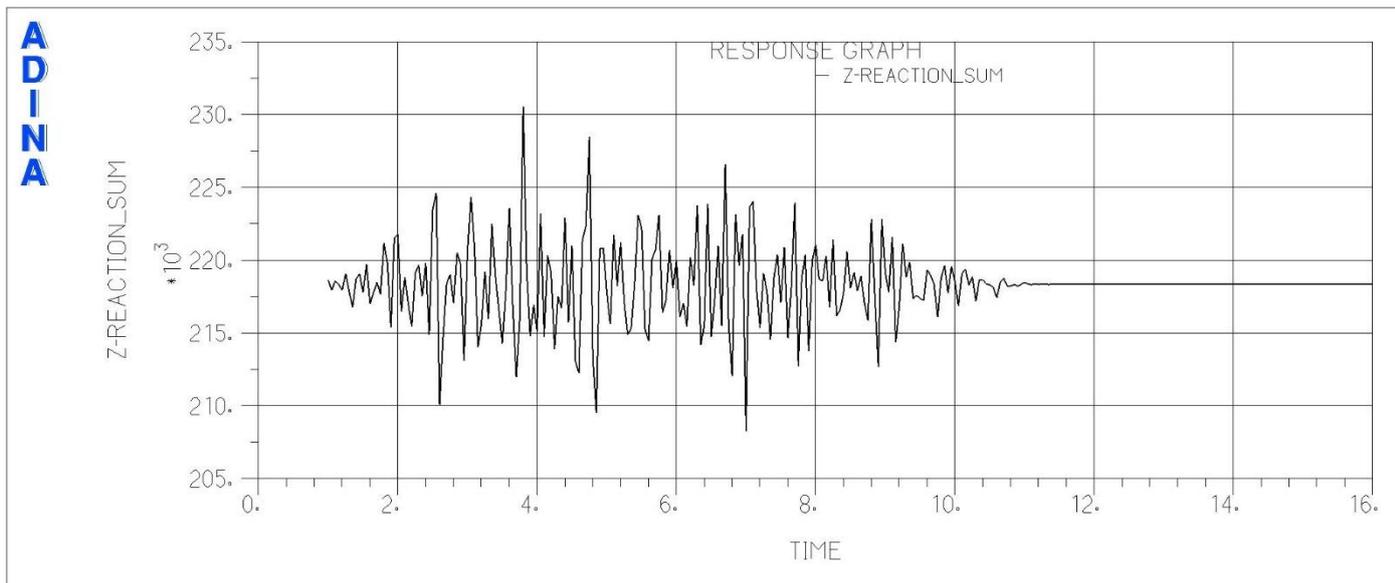


Abbildung 5-250: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_leer_231

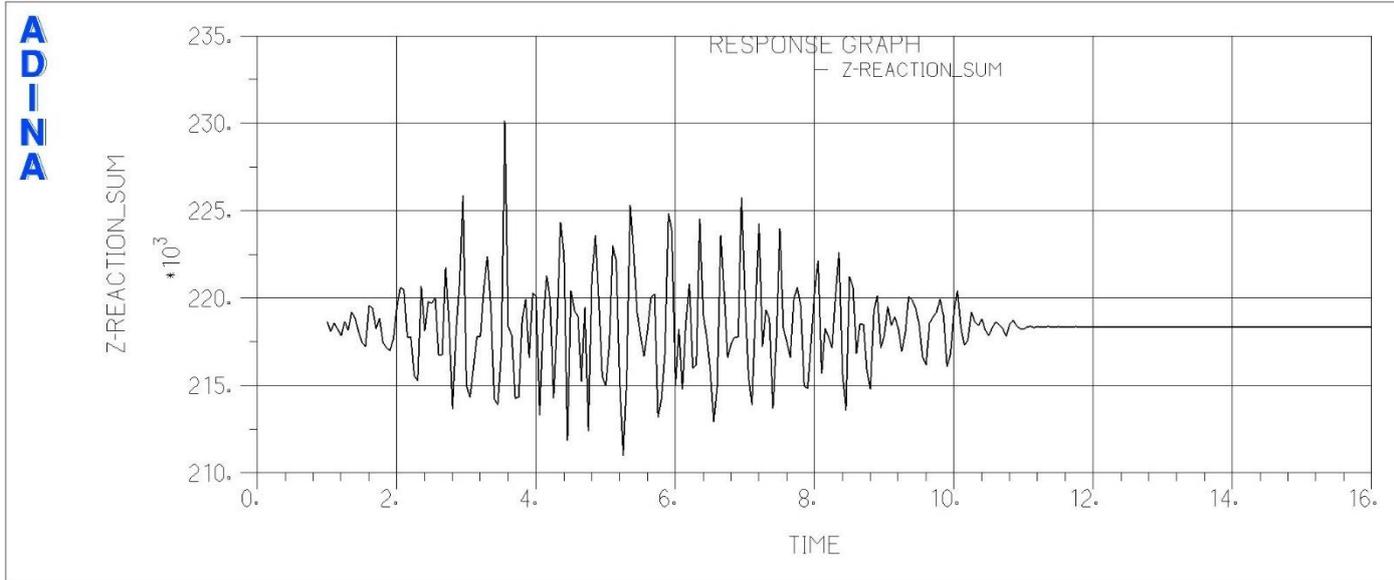


Abbildung 5-251: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half2_312

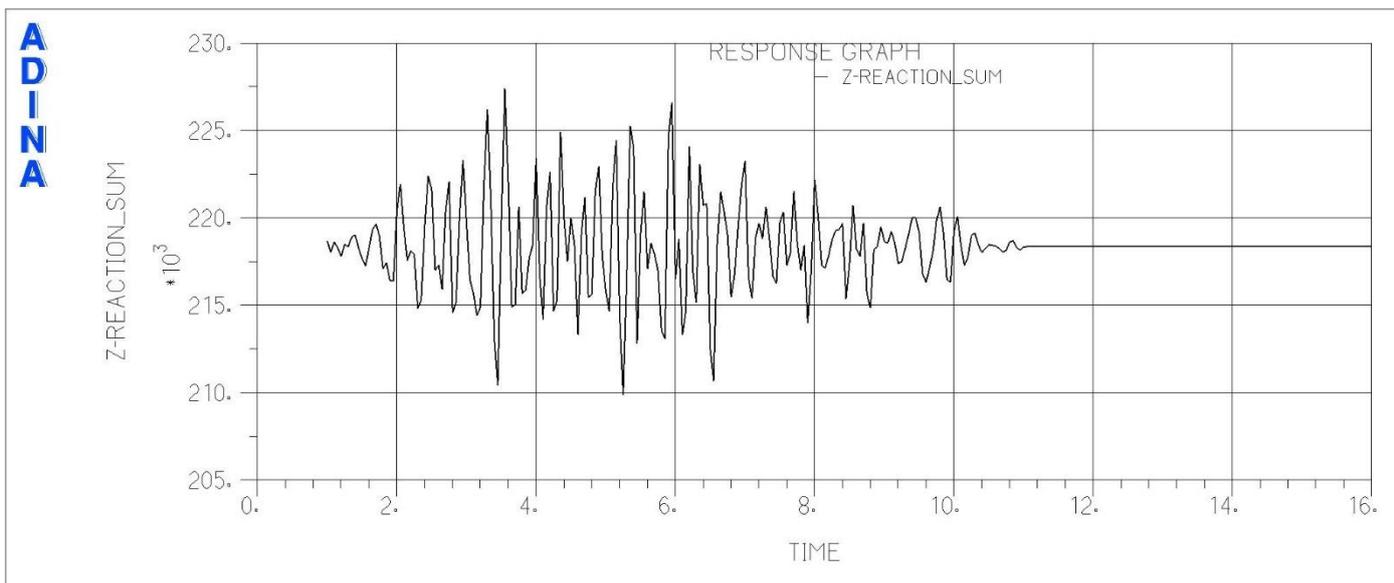


Abbildung 5-252: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_voll_312

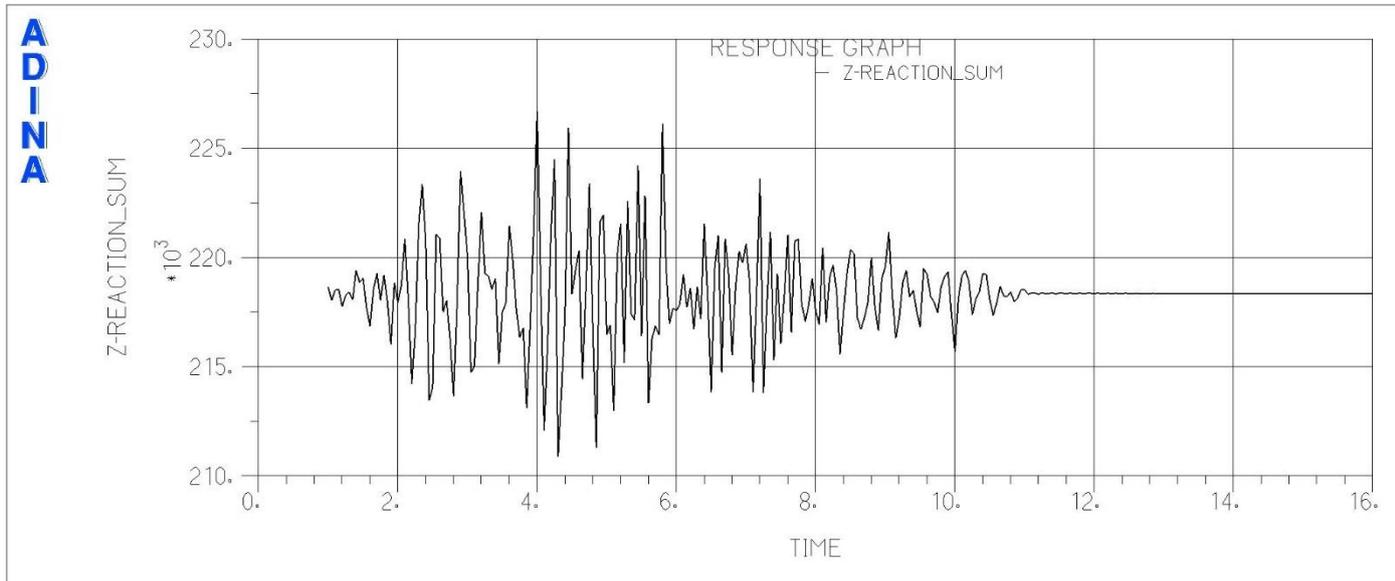


Abbildung 5-253: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max-halb2_123

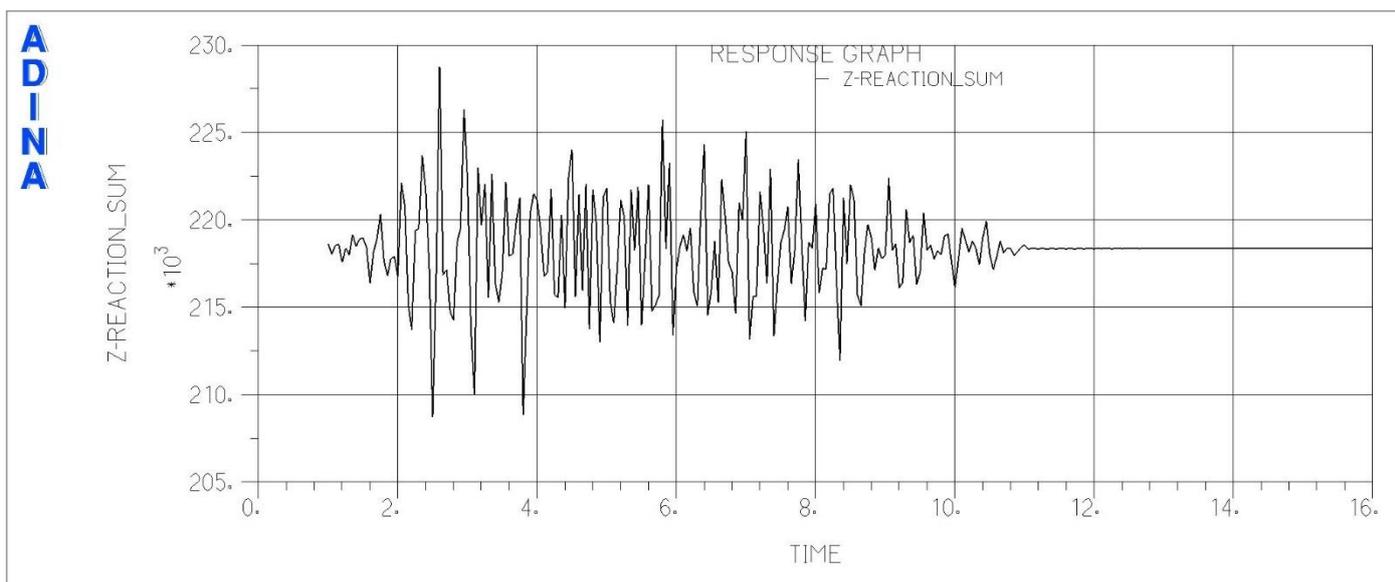


Abbildung 5-254: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_123

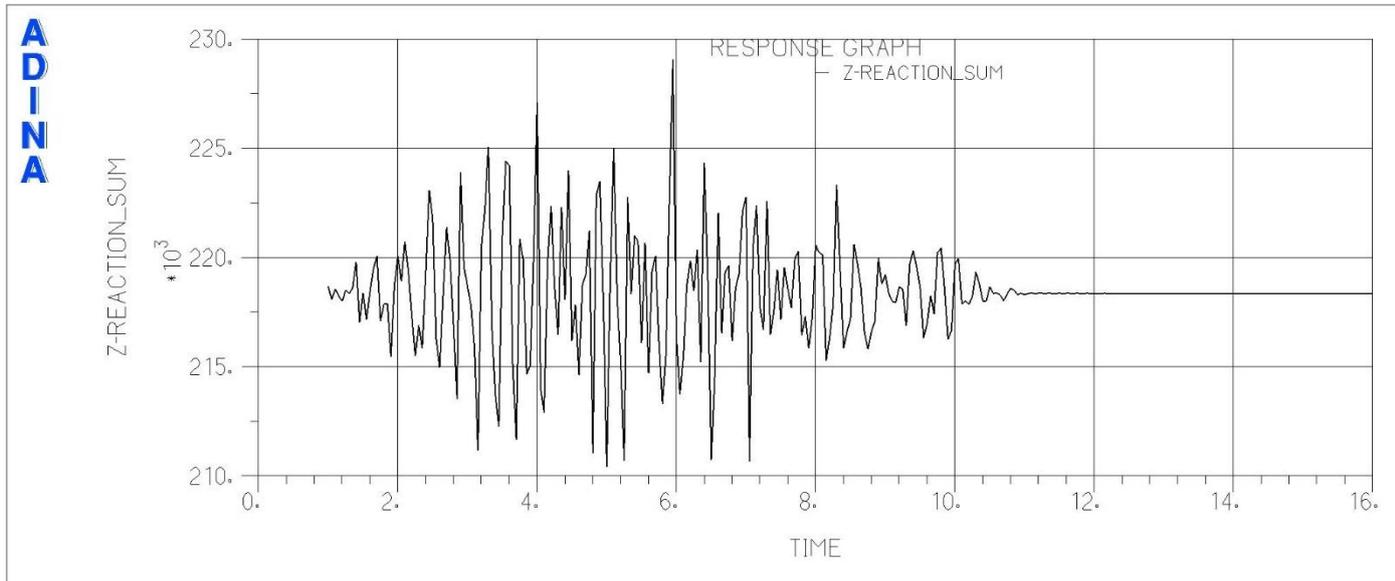


Abbildung 5-255: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.4.2 Reibungskonfiguration b (Beton-Stahl $\mu = 0.60$, Stahl-Stahl $\mu = 0.30$)

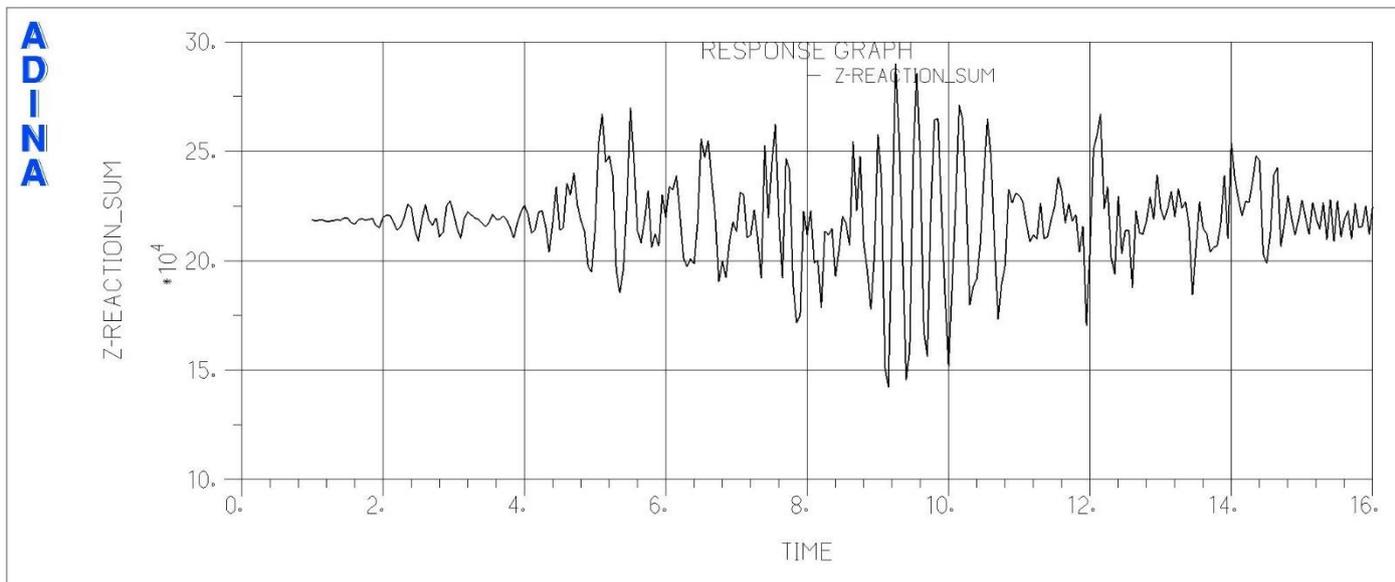


Abbildung 5-256: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half1_123

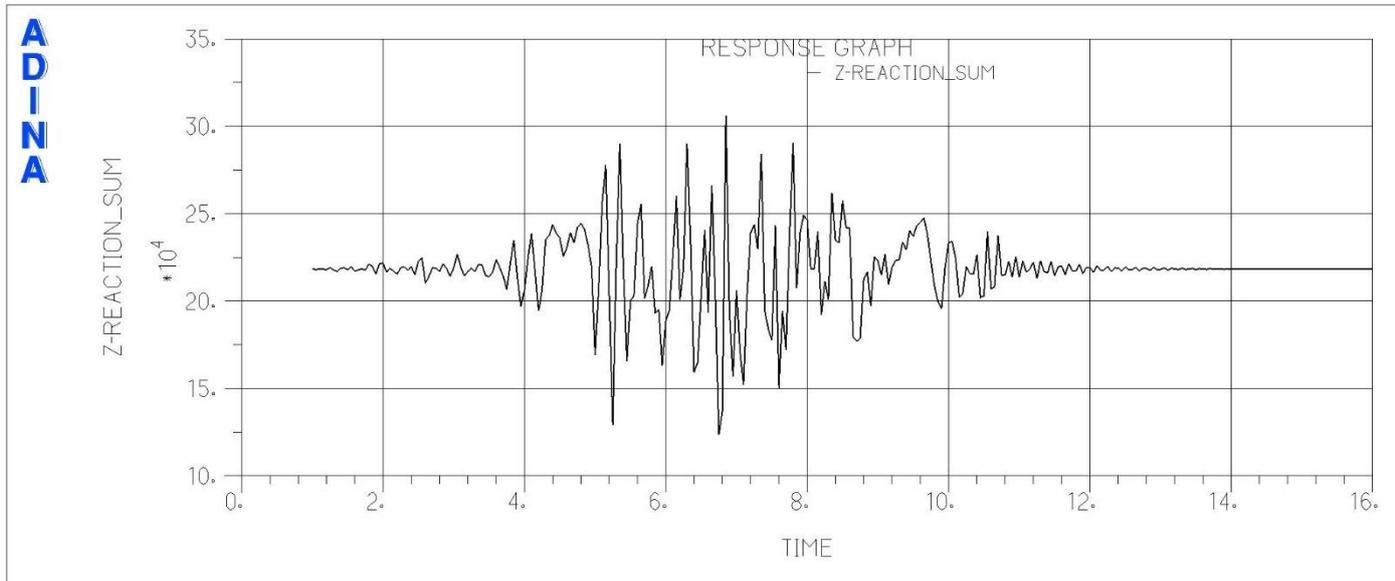


Abbildung 5-257: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_leer_231

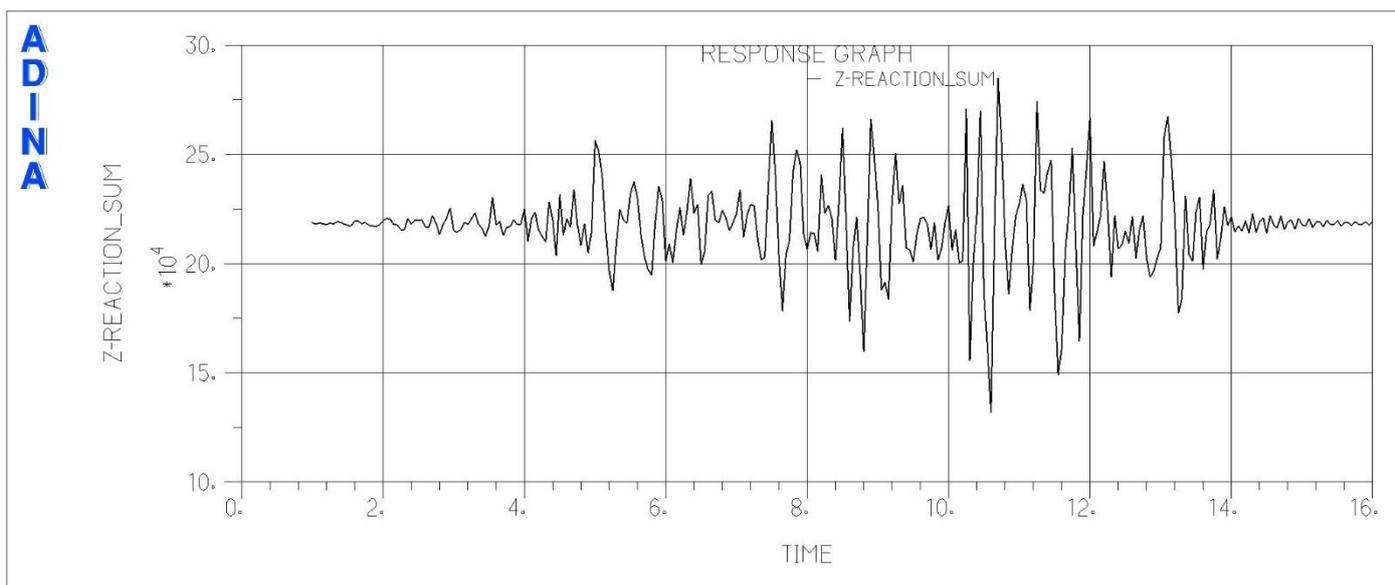


Abbildung 5-258: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_half2_312

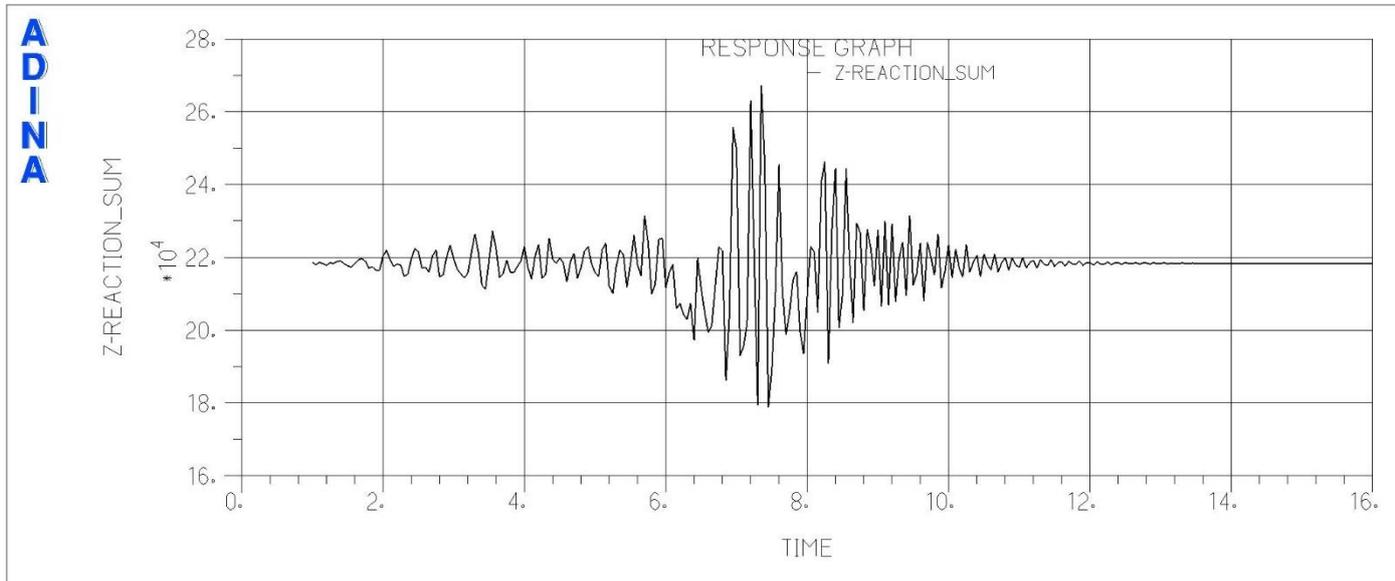


Abbildung 5-259: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B1_max_voll_312

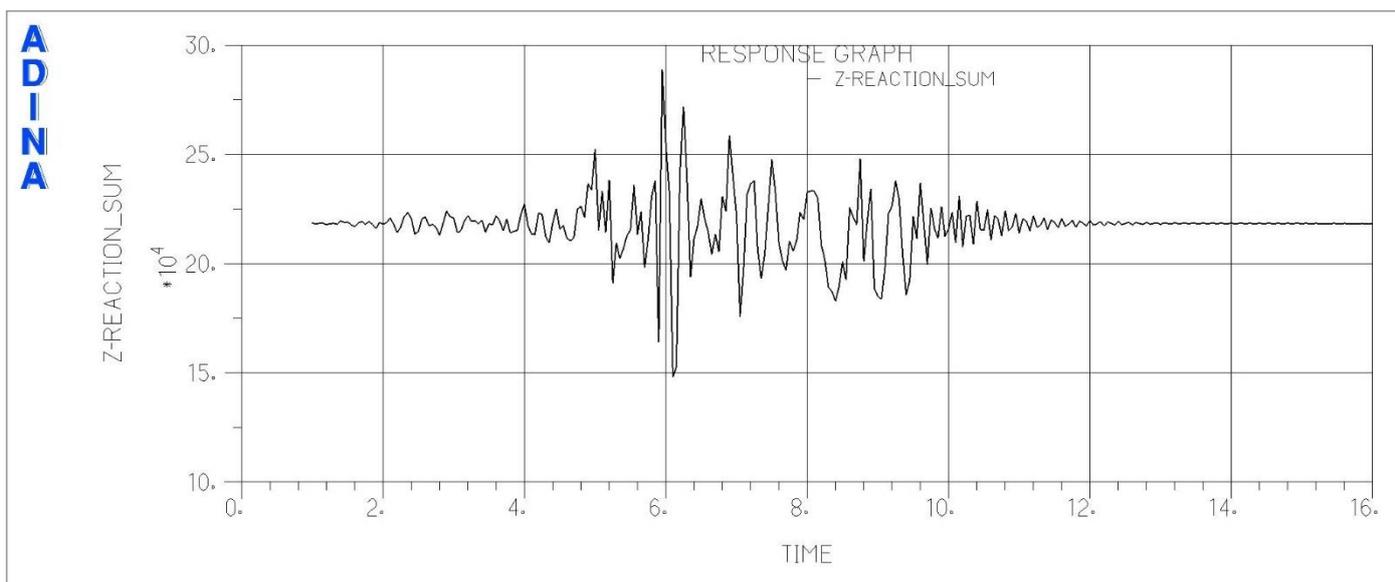


Abbildung 5-260: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max-halb2_123

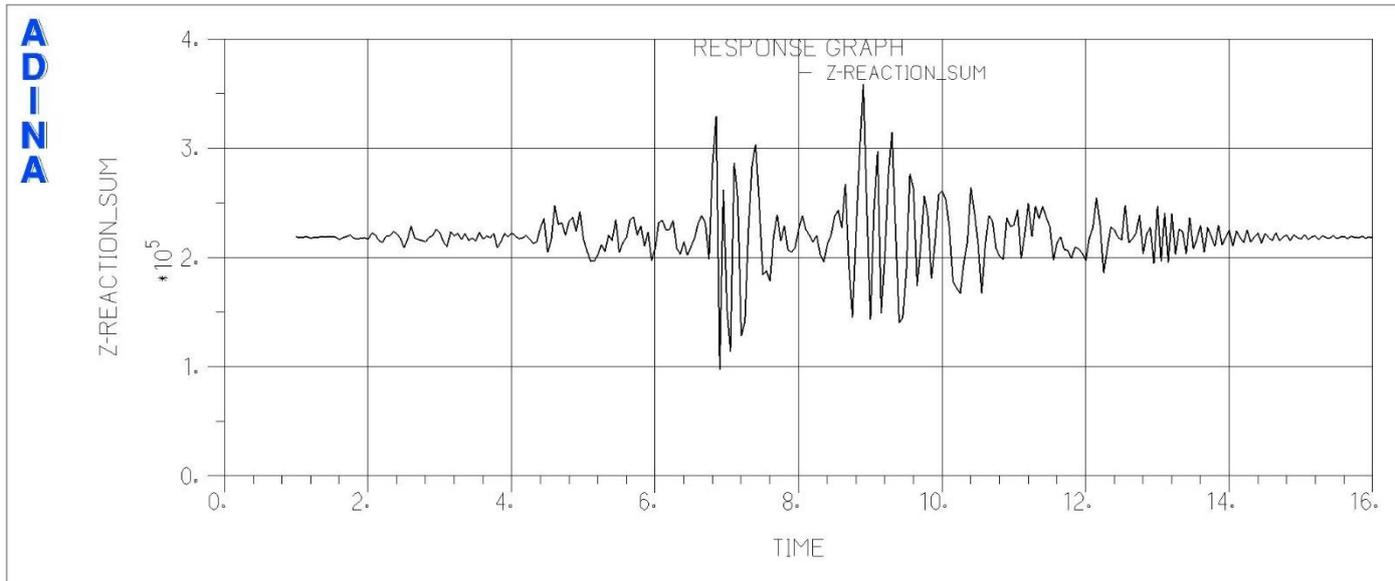


Abbildung 5-261: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_123

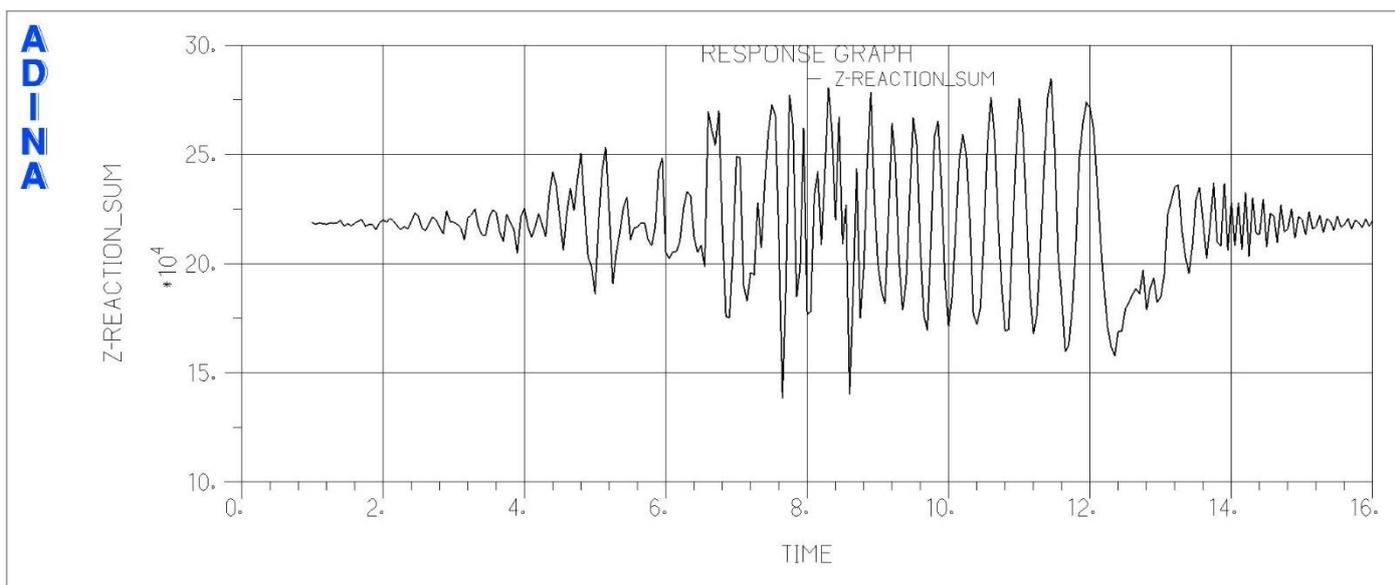


Abbildung 5-262: z-Lagerkraft [N], Lastfall: B2_max_half1_312

5.5.4.3 Maximale Auflagerkräfte

Tabelle 5-4: 1.2 x BEB: maximale Auflagerkräfte am Fußpunkt der Gebindestapel, Stapelkonstellation 02 im Zeitbereich $t = 1$ s bis $t = 16$ s

Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10 Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20$ / $\mu = 0.10$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_max_half1_123, Knoten 108	230
B1_max_leer_231, Knoten 108	230
B1_max_half2_312, Knoten 107	230
B1_max_voll_312, Knoten 108	227
B2_max_half2_123, Knoten 104	227
B2_max_half1_123, Knoten 103	228
B2_max_half1_312, Knoten 103	229
Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10 Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60$ / $\mu = 0.20$	
Anregungskombination	max F_z [kN]
B1_max_half1_123, Knoten 108	290
B1_max_leer_231, Knoten 108	305
B1_max_half2_312, Knoten 107	280
B1_max_voll_312, Knoten 108	270
B2_max_half2_123, Knoten 104	285
B2_max_half1_123, Knoten 103	360
B2_max_half1_312, Knoten 103	280

5.5.5 Sensitivitätsuntersuchung BEB: Einfluss einer elastischen Bettung

Stapelkonfiguration 1: 10 / 10 / 10 / 10 t

Im Folgenden wird anhand zweier Lastfälle / Anregungskombinationen der Einfluss einer elastischen Fundamentplatte untersucht. Dazu wird die Kontaktfläche, die die Fundamentplatte abbildet, mit linearen elastischen Federn gelagert. Die Federsteifigkeit wird aus der Elastizität der 1.60m dicken Fundamentplatte ermittelt.

Durch einen Vergleich der Verschiebungen für den Fall der starren Fundamentplatte mit denjenigen der elastischen Fundamentplatte wird der Einfluss der Elastizität der Fundamentplatte abgeschätzt. Die maximalen Verschiebungen in den beiden unterschiedlichen Lagerungszuständen ändern sich nur geringfügig. Das Ausschwingverhalten dauert im Fall der elastischen Fundamentplatte jedoch länger. Dabei ist zu berücksichtigen, dass konservativ keine zusätzliche Dämpfung in der elastischen Bettung der Fundamentplatte angesetzt wurde.

5.5.5.1 Anregungskombination B1_max_leer_231, Verschiebungsverläufe auf starrer Platte

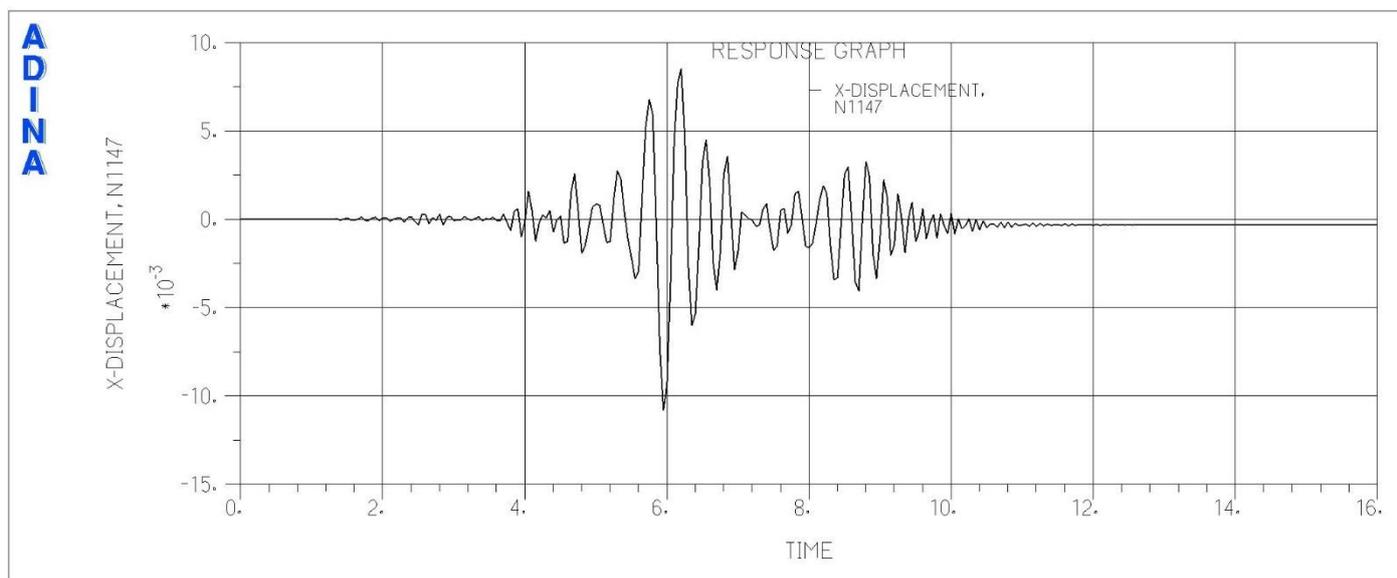


Abbildung 5-263: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231, starre Fundamentplatte

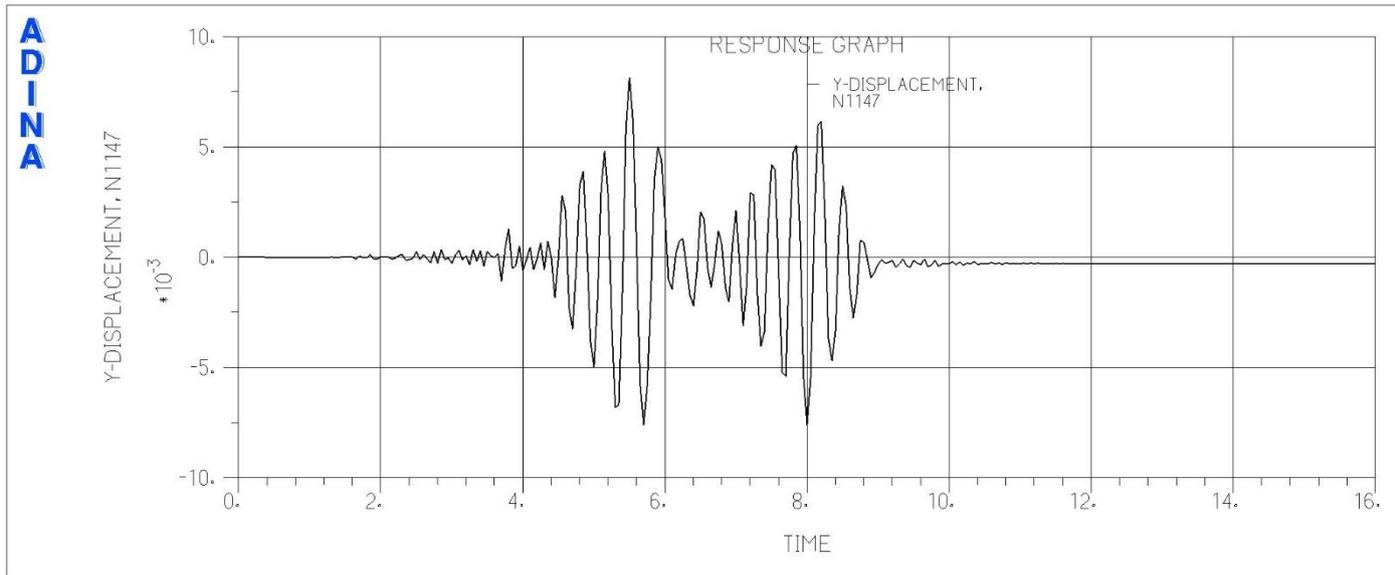


Abbildung 5-264: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231, starre Fundamentplatte

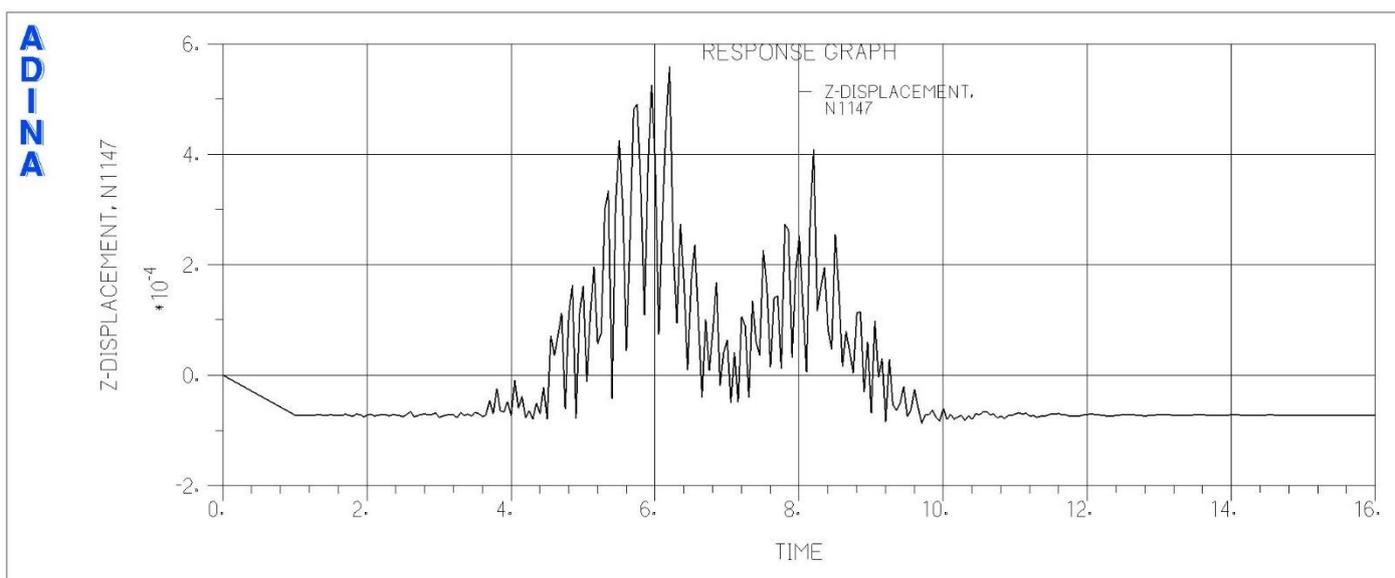


Abbildung 5-265: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231, starre Fundamentplatte

5.5.5.2 Anregungskombination B1_max_leer_231, Verschiebungsverläufe auf elastischer Fundamentplatte

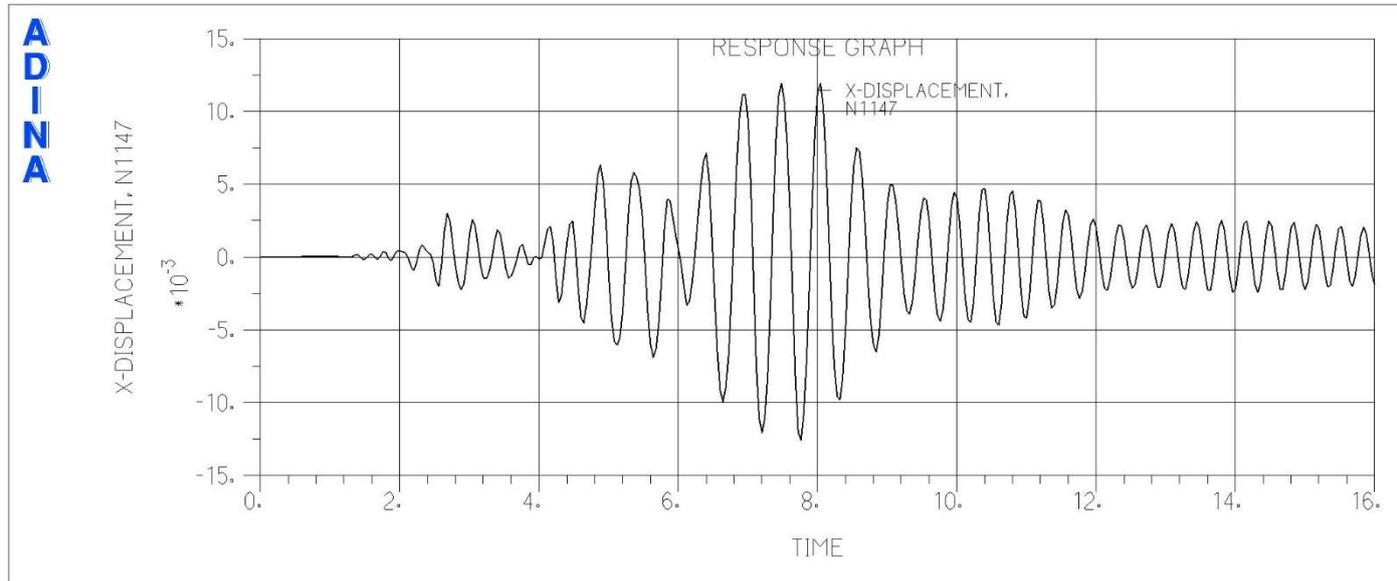


Abbildung 5-266: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231, elastische Fundamentplatte

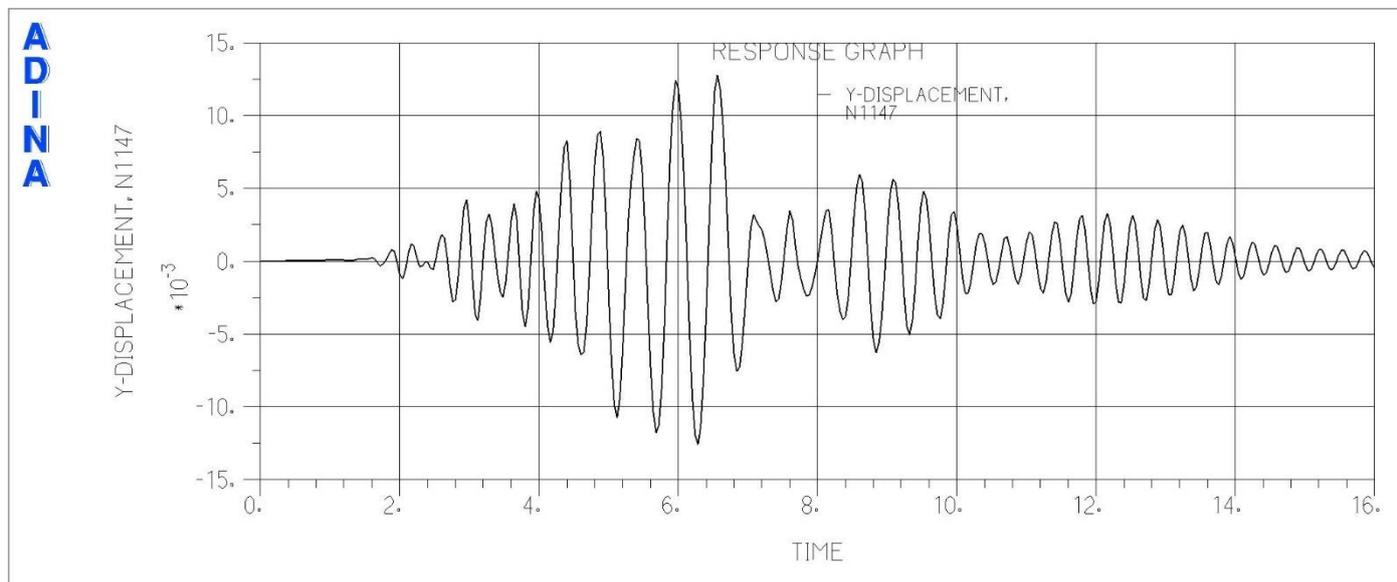


Abbildung 5-267: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231, elastische Fundamentplatte

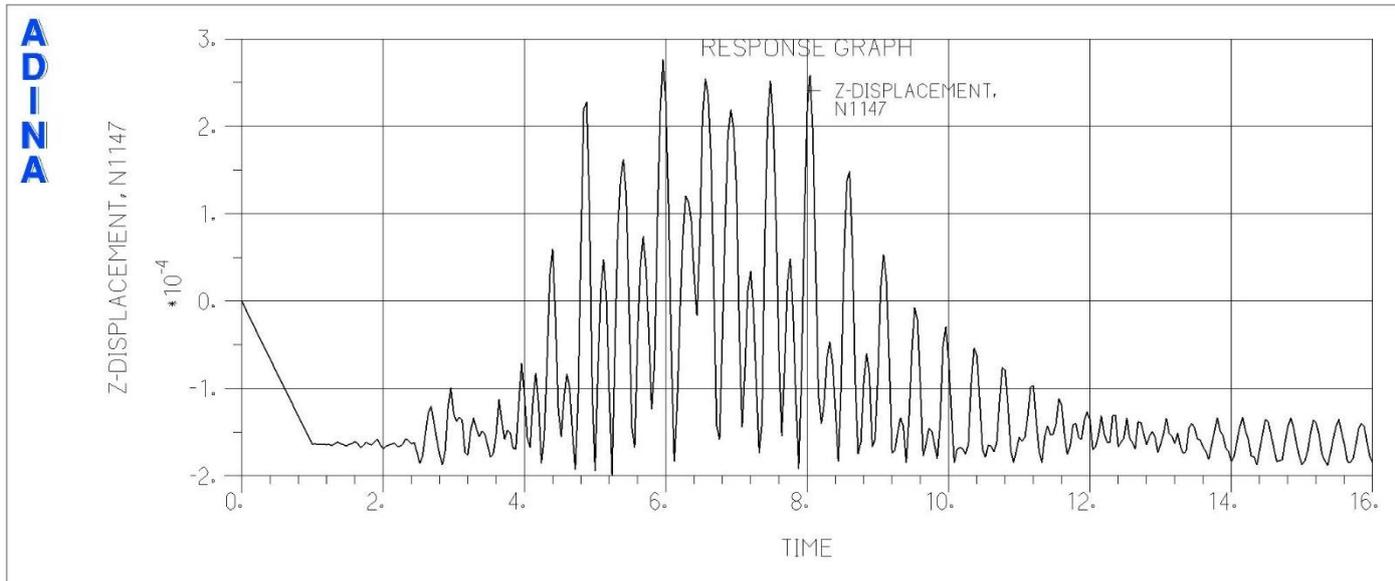


Abbildung 5-268: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B1_max_leer_231, elastische Fundamentplatte

5.5.5.3 Anregungskombination B2_max_half1_312, Verschiebungsverläufe auf starrer Platte

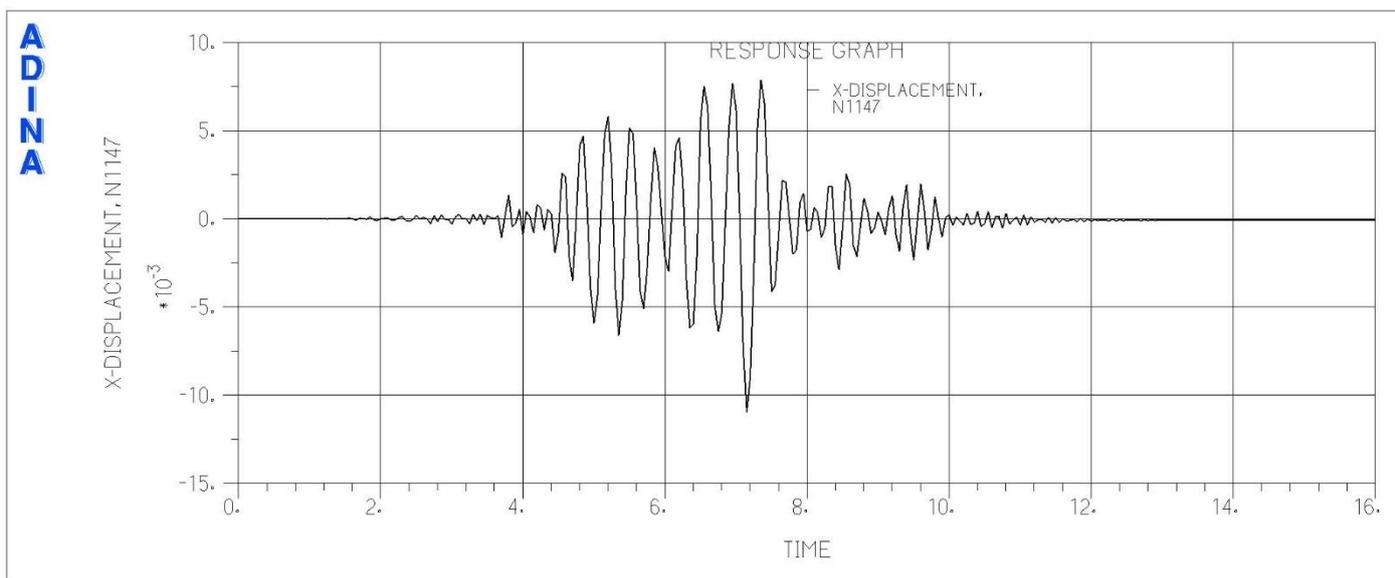


Abbildung 5-269: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312, starre Fundamentplatte

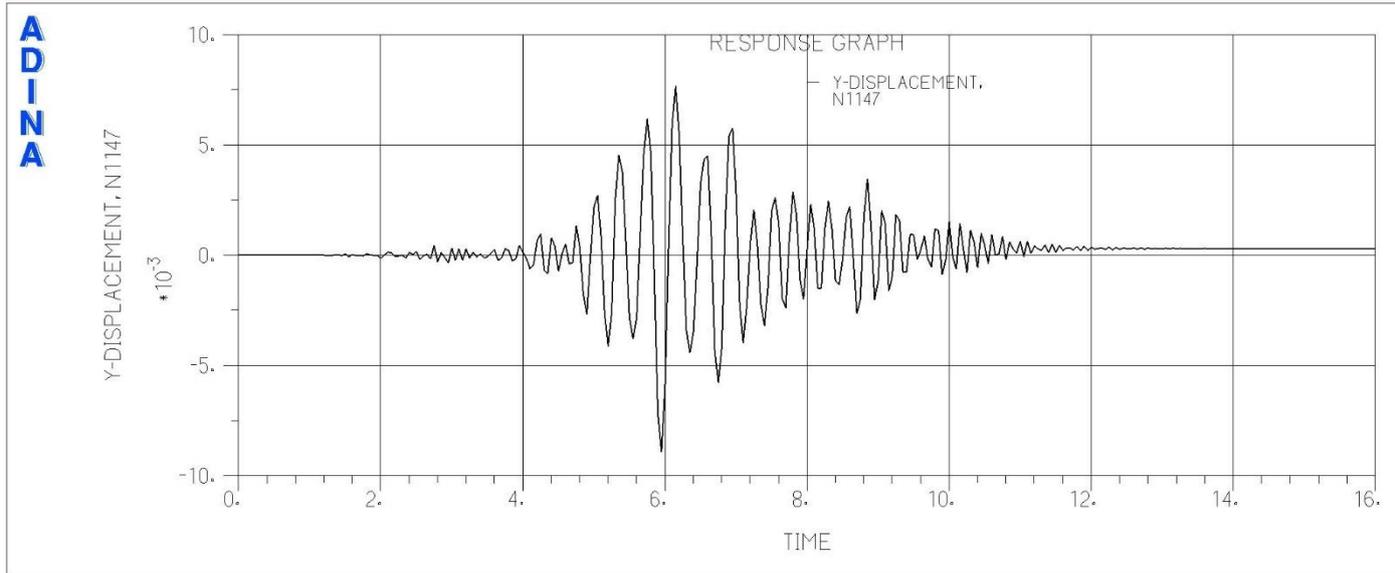


Abbildung 5-270: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312, starre Fundamentplatte

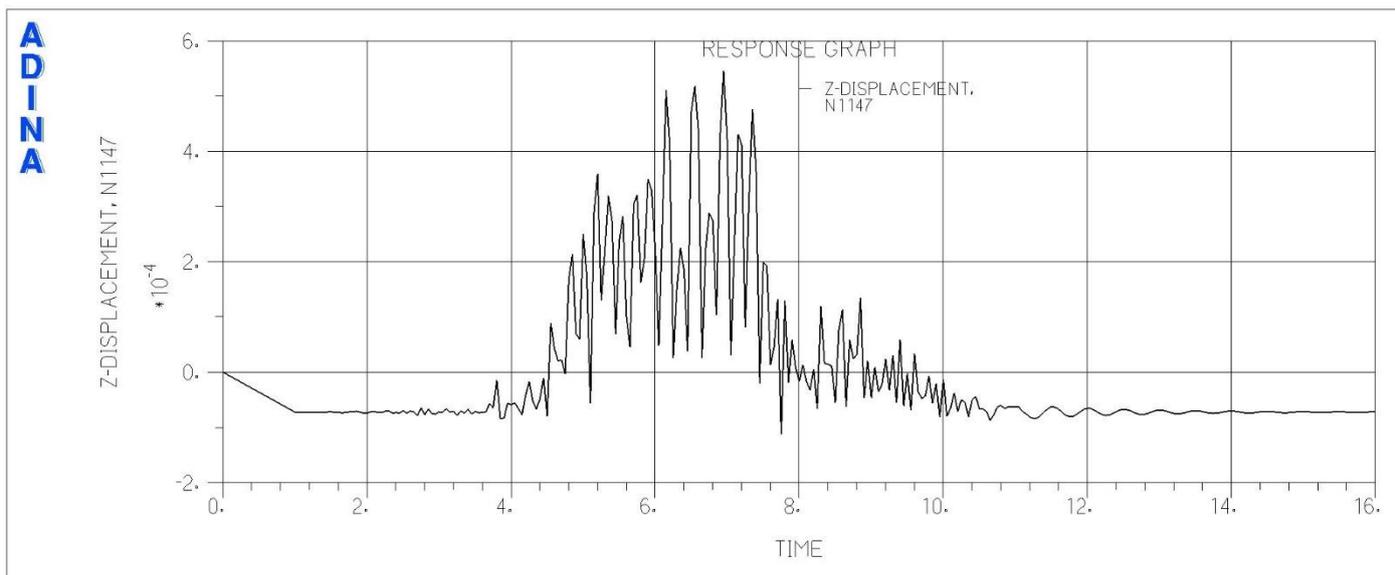


Abbildung 5-271: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312, starre Fundamentplatte

5.5.5.4 Anregungskombination B2_max_half1_312, Verschiebungsverläufe auf elastischer Platte

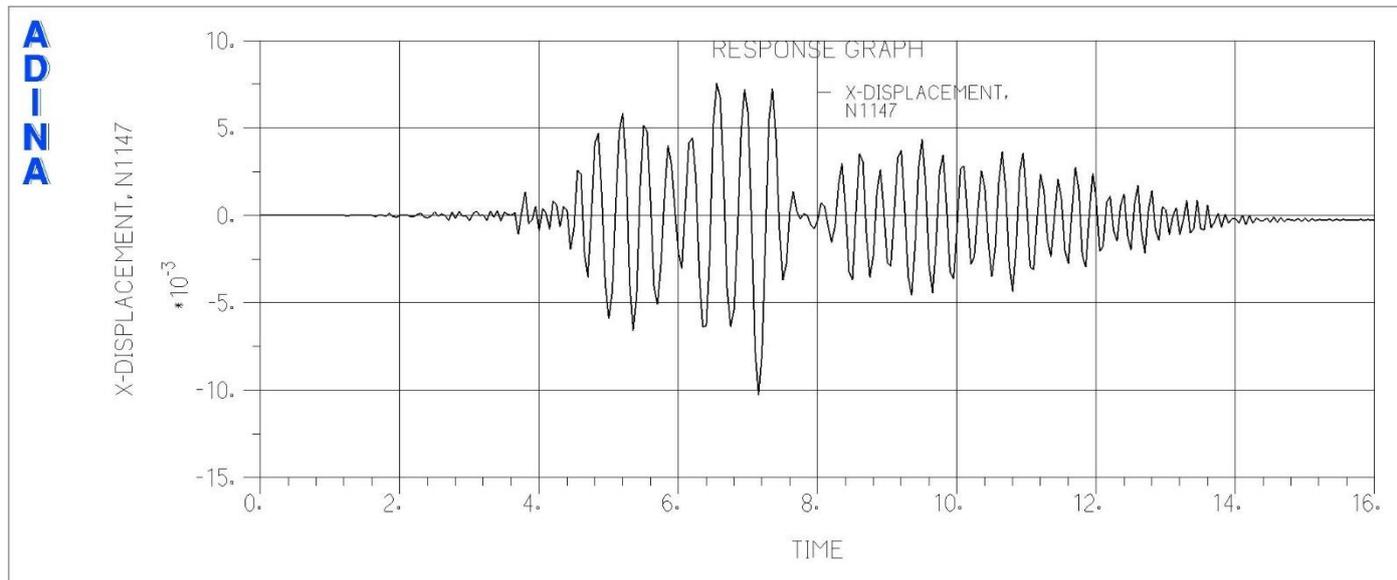


Abbildung 5-272: x-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312, elastische Fundamentplatte

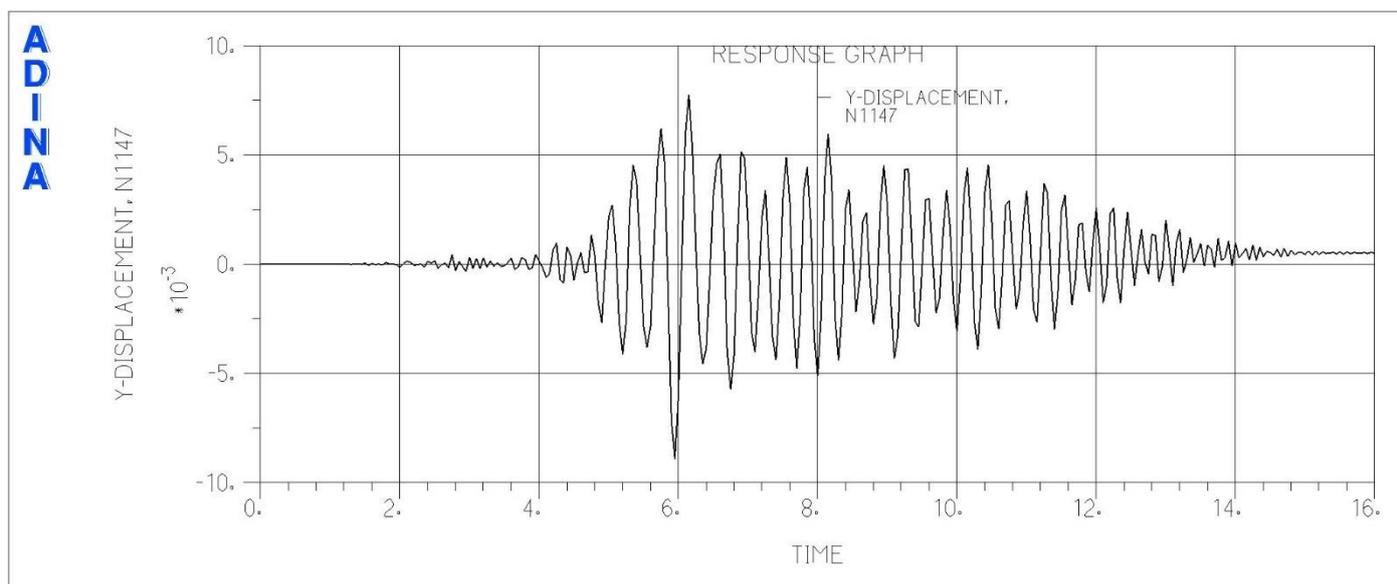


Abbildung 5-273: y-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312, elastische Fundamentplatte

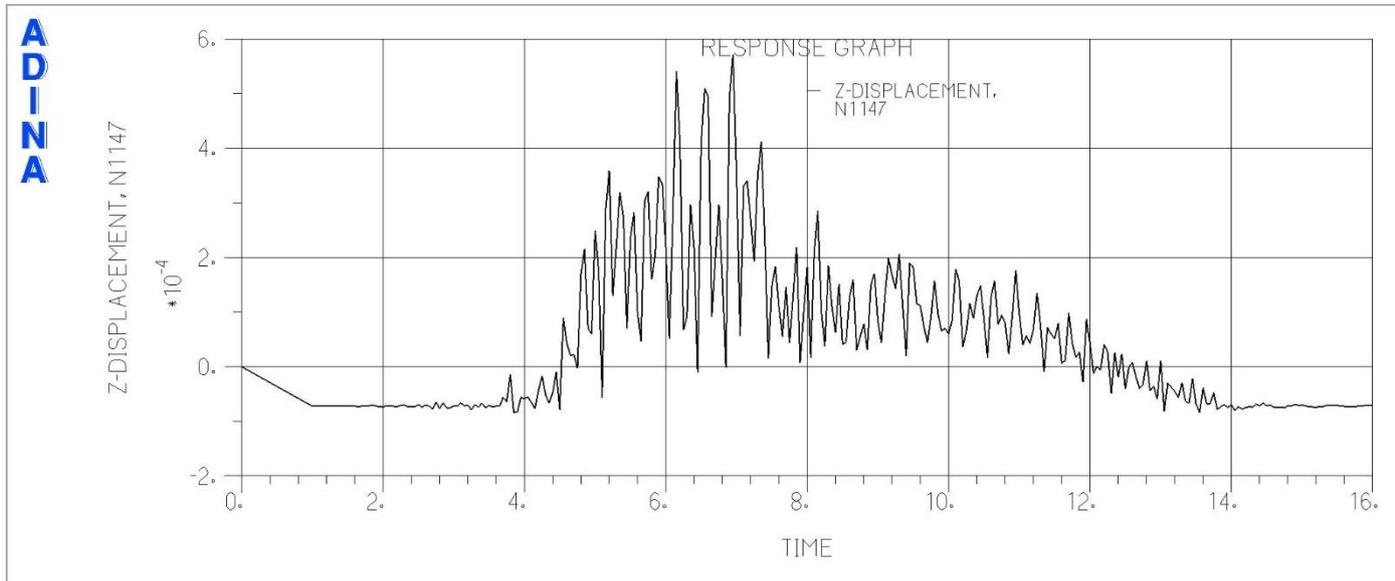


Abbildung 5-274: z-Verschiebungen [m], Lastfall: B2_max_half1_312, elastische Fundamentplatte

5.6 Zusammenfassung

5.6.1 Nichtlineare Berechnungen Lastfall EDW

Die maximalen Verschiebungen aller untersuchten Behälterkonfigurationen im Lastfall Explosionsdruckwelle sind in den folgenden beiden Tabellen dargestellt. Sie liegen für die meisten untersuchten Konfigurationen bei weniger als 1 mm, für eine Konfiguration bei knapp 3 mm. In verschiedenen Lastszenarien bleiben nach dem Abklingen der Schwingungen geringe horizontale Restverschiebungen von wenigen Zehntel mm zurück.

Tabelle 5-5: maximale Verschiebungen im Auswertepunkt, Stapelkonstellation 1

Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10			
Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20 / \mu = 0.10$			
Anregungskombination	max u_x [cm]	max u_y [cm]	max u_z [cm]
B1_min_leer_123, Knoten 108	0.014	0.012	0.0078
B1_min-leer_213, Knoten 108	0.008	0.020	0.0082
B1_min_leer_312, Knoten 108	0.008	0.013	0.0085
B1_mit_half2_312, Knoten 108	0.011	0.009	0.0078
B2_min_half2_312, Knoten 104	0.012	0.009	0.0079
B2_mit_half1_231, Knoten 103	0.035	0.052	0.0075
B2_mit_half1_312, Knoten 103	0.030	0.040	0.0075
Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10			
Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60 / \mu = 0.20$			
Anregungskombination	max u_x [cm]	max u_y [cm]	max u_z [cm]
B1_min_leer_123, Knoten 108	0.011	0.010	0.0080
B1_min-leer_213, Knoten 108	0.011	0.010	0.0082
B1_min_leer_312, Knoten 108	0.009	0.013	0.0085
B1_mit_half2_312, Knoten 108	0.013	0.012	0.0078
B2_min_half2_312, Knoten 104	0.012	0.010	0.0079
B2_mit_half1_231, Knoten 103	0.040	0.075	0.0082
B2_mit_half1_312, Knoten 103	0.29	0.25	0.010

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: 200d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Die maximalen horizontalen Verschiebungen für die Stapelkonfiguration 01 betragen für $u_x = 0.29$ cm, und für $u_y = 0.25$ cm im Anregungsfall B2_mit_half1_312, Knoten 103.

Tabelle 5-6: maximale Verschiebungen im Auswertepunkt, Stapelkonstellation 2

Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10			
Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20$ / $\mu = 0.10$			
Anregungskombination	max u_x [cm]	max u_y [cm]	max u_z [cm]
B1_min_leer_123, Knoten 108	0.010	0.015	0.0055
B1_min-leer_213, Knoten 108	0.008	0.018	0.006
B1_min_leer_312, Knoten 108	0.006	0.012	0.006
B1_mit_half2_312, Knoten 108	0.008	0.008	0.0055
B2_min_half2_312, Knoten 104	0.009	0.008	0.0055
B2_mit_half1_231, Knoten 104	0.020	0.038	0.0055
B2_mit_half1_312, Knoten 103	0.035	0.050	0.0055
Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10			
Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60$ / $\mu = 0.20$			
Anregungskombination	max u_x [cm]	max u_y [cm]	max u_z [cm]
B1_min_leer_123, Knoten 108	0.006	0.020	0.0055
B1_min-leer_213, Knoten 108	0.006	0.020	0.006
B1_min_leer_312, Knoten 108	0.007	0.015	0.006
B1_mit_half2_312, Knoten 108	0.010	0.010	0.0055
B2_min_half2_312 Knoten 104	0.010	0.011	0.0055
B2_mit_half1_231, Knoten 104	0.030	0.060	0.0055
B2_mit_half1_312, Knoten 103	0.25	0.22	0.006

Die maximalen horizontalen Verschiebungen für die Stapelkonfiguration 02 betragen für $u_x = 0.25$ cm, und für $u_y = 0.22$ cm für die Anregungskombination B2_mit_half1_312.

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 201d
---------------------------	---	--------------------

Die maximale Relativverschiebung zweier Behälterstapel aufeinander zu, ergibt sich aus der quadratischen Überlagerung der maximalen Auslenkungen der beiden Stapelkonstellationen.

Für die Stapelkonstellation 01 des Gussbehälter Typ II ergibt sich die maximale Verschiebung für den Fall B2_mit_half1_312

$$\Delta u = \sqrt{u_{\max,x}^2 + u_{\max,y}^2} = \sqrt{(0.29\text{cm})^2 + (0.25\text{cm})^2} = 0.38 \text{ cm}$$

Die Behälterstapel haben einen minimalen Abstand von 32 cm. Die maximale Relativverschiebung 0.38 cm liegt deutlich unterhalb des halben Abstandswerts. Eine gegenseitige Berührung der Behälterstapel während des Lastfalls EDW kann ausgeschlossen werden.

In Abschnitt 5.4.4 und Abschnitt 5.4.5 werden die Zeitverläufe der vertikalen Lagerkräfte (Summe der Fz-Reaktionskräfte) in der Kontaktfläche zwischen unterem Behälter und Fundamentplatte für alle untersuchten Varianten für diesen Zeitraum dargestellt. Die beiden Kapitel 5.4.4.3 und 5.4.5.3 geben die maximalen vertikalen Lagerlasten der Gebindestapel in kN im Zeitbereich von $t = 1\text{ s}$ bis $t = 16\text{ s}$, d.h. nachdem die Ruhelage aus statischem Eigengewicht erreicht ist. Die statischen Lagerkräfte F_z betragen im Fall der Stapelkonfiguration 01 $F_z = 40\text{ t} * 9.82\text{ m/s}^2 * 0.95 = 373\text{ kN}$, im Fall der Stapelkonfiguration 02 $F_z = 25\text{ t} * 9.81\text{ m/s}^2 * 0.95 = 233\text{ kN}$.

5.6.2 Nichtlineare Berechnungen Lastfall 1.2 x BEB

Die maximalen Verschiebungen aller untersuchten Behälterkonfigurationen im Lastfall Bemessungs-erdbeben sind in den folgenden beiden Tabellen dargestellt. Sie liegen für alle untersuchten Konfigurationen bei weniger als 1 mm. In verschiedenen Lastszenarien bleiben nach dem Abklingen der Schwingungen sehr geringe horizontale Restverschiebungen von weniger als $1 \cdot 10^{-5}$ m zurück.

Tabelle 5-7: maximale Verschiebungen im Auswertepunkt, Stapelkonstellation 1

Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10			
Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20 / \mu = 0.10$			
Anregungskombination	max u_x [cm]	max u_y [cm]	max u_z [cm]
B1_max_half1_123, Knoten 108	0.07	0.10	0.008
B1_max_leer_231, Knoten 108	0.075	0.10	0.008
B1_max_half2_312, Knoten 107	0.08	0.11	0.008
B1_max_voll_312, Knoten 108	0.055	0.055	0.008
B2_max_half2_123, Knoten 104	0.08	0.08	0.008
B2_max_half1_123, Knoten 103	0.055	0.09	0.008
B2_max_half1_312, Knoten 103	0.11	0.06	0.008
Stapelkonstellation 01: 10 / 10 / 10 / 10			
Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60 / \mu = 0.20$			
Anregungskombination	max u_x [cm]	max u_y [cm]	max u_z [cm]
B1_max_half1_123, Knoten 108	0.09	0.10	0.008
B1_max_leer_231, Knoten 108	1.10	0.80	0.008
B1_max_half2_312, Knoten 107	1.00	0.75	0.008
B1_max_voll_312, Knoten 108	0.125	0.25	0.008
B2_max_half2_123, Knoten 104	0.90	0.80	0.008
B2_max_half1_123, Knoten 103	0.75	0.80	0.008
B2_max_half1_312, Knoten 103	1.10	0.90	0.008

Die maximalen horizontalen Verschiebungen für die Stapelkonfiguration 01 betragen für $u_x = 1.10$ cm, und für $u_y = 0.90$ cm im Anregungsfall B2_max_half1_312.

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 203d
---------------------------	---	--------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Tabelle 5-8: maximale Verschiebungen im Auswertepunkt, Stapelkonstellation 2

Stapelkonstellation 02: 5 / 5 / 5 / 10 Reibungsvariante 01: $\mu = 0.20$ / $\mu = 0.10$			
Anregungskombination	max u _x [cm]	max u _y [cm]	max u _z [cm]
B1_max_half1_123, Knoten 108	0.04	0.055	0.0055
B1_max_leer_231, Knoten 108	0.04	0.04	0.0055
B1_max_half2_312, Knoten 107	0.06	0.09	0.0055
B1_max_voll_312, Knoten 108	0.035	0.035	0.0055
B2_max_half2_123, Knoten 104	0.05	0.06	0.0055
B2_max_half1_123, Knoten 103	0.04	0.06	0.0055
B2_max_half1_312, Knoten 103	0.05	0.04	0.0055
Stapelkonstellation 02: 4.5 / 4.5 / 4.5 / 9.9 Reibungsvariante 02: $\mu = 0.60$ / $\mu = 0.20$			
Anregungskombination	max u _x [cm]	max u _y [cm]	max u _z [cm]
B1_max_half1_123, Knoten 108	0.75	0.70	0.05
B1_max_leer_231, Knoten 108	0.60	0.55	0.05
B1_max_half2_312, Knoten 107	0.80	0.70	0.05
B1_max_voll_312, Knoten 108	0.15	0.18	0.07
B2_max_half2_123, Knoten 104	0.75	0.65	0.05
B2_max_half1_123, Knoten 103	0.70	0.70	0.05
B2_max_half1_312, Knoten 103	0.60	0.65	0.05

Die maximalen horizontalen Verschiebungen für die Stapelkonfiguration 02 betragen für $u_x = 0.75$ cm, und für $u_y = 0.70$ cm in der Anregungskonfiguration B1_max_half1_123.

Die maximale Relativverschiebung zweier Behälterstapel aufeinander zu, ergibt sich aus der quadratischen Überlagerung der maximalen Auslenkungen der beiden Stapelkonstellationen.

Für die Stapelkonstellation 01 des Gussbehälter Typ II ergibt sich die maximale Verschiebung für den Fall B2_mit_half1_312

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: 204d
---------------------------	---	--------------------

$$\Delta u = \sqrt{u_{\max,x}^2 + u_{\max,y}^2} = \sqrt{(1.10\text{cm})^2 + (0.90\text{cm})^2} = 1.42\text{ cm}$$

Die Behälterstapel haben einen minimalen Abstand von 32 cm. Die maximale Relativverschiebung von 1.4s cm liegt deutlich unterhalb des halben Abstandswerts. Eine gegenseitige Berührung der Behälterstapel während des Lastfalls 1.2 x BEB kann ausgeschlossen werden.

In Abschnitt 5.5.3 und Abschnitt 5.5.4 werden die Zeitverläufe der vertikalen Lagerkräfte (Summe der Fz-Reaktionskräfte) in der Kontaktfläche zwischen unterem Behälter und Fundamentplatte für alle untersuchten Varianten für diesen Zeitraum dargestellt. Die beiden Kapitel 5.5.3.3 und 5.5.4.3 geben die maximalen vertikalen Lagerlasten der Gebindestapel in kN im Zeitbereich von t = 1s bis t = 16 s, d.h. nachdem die Ruhelage aus statischem Eigengewicht erreicht ist. Die statischen Lagerkräfte Fz betragen im Fall der Stapelkonfiguration 01 $F_z = 40\text{ t} * 9.82\text{ m/s}^2 * 0.95 = 373\text{ kN}$, im Fall der Stapelkonfiguration 02 $F_z = 25\text{ t} * 9.81\text{ m/s}^2 * 0.95 = 233\text{ kN}$.

Anhang 1:
Dokumente zu Behälterdaten
(Angabe Vattenfall)

Proj.-Nr.: 417 001	Nr. : LAK/10.0553 GEN Dok. Nr.: LAK/073/553	Seite: A1d
---------------------------	---	-------------------

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Technische Daten

Hauptkennndaten	M II-15 Typ B(U)	M II-15 U Typ B(U)	M II-15 T ISAR Typ B(U)	M II-15 KK1 1 Typ A	M 80 T/66 Typ B(U)
Außenhöhe (mm)	1500	1500	1500	1500	5000
Außendurchmesser (mm)	1060	1060	1060	1060	2225
Innenhöhe max. (mm)	1140	1140	1140	1140	4365
Innendurchmesser (mm)	740	740	740	740	1640
Wanddicke (mm)	160	160	160	160	290
Bleieinsatz min.-max. (mm)	0-140	0-140	0-80	—	—
Leermasse min.-max. Pb ca. (kg)	5650-9450	5650-9450	5650-8250	5650	71850
Füllvolumen max. (dm ³)	490-130	490-130	490-250	490	66 BE-Kästen

Technical Data

Main Features	M II-15 Typ B(U)	M II-15 U Typ B(U)	M II-15 T ISAR Typ B(U)	M II-15 KK1 1 Typ A	M 80 T/66 Typ B(U)
Outer height (mm)	1500	1500	1500	1500	5000
Outer diameter (mm)	1060	1060	1060	1060	2225
Interior height max. (mm)	1140	1140	1140	1140	4365
Interior diameter (mm)	740	740	740	740	1640
Wall thickness (mm)	160	160	160	160	290
Lead insert min.-max. (mm)	0-140	0-140	0-80	—	—
Empty weight min.-max. Pb ca. (kg)	5650-9450	5650-9450	5650-8250	5650	71850
Filling volume max. (dm ³)	490-130	490-130	490-250	490	66 fuel-channels

geringeres Leergewicht zur Berücksichtigung älterer Bauarten gewählt

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH

Hollestraße 7 A • D-45127 Essen
Telefon 02 01 / 1 09-0 • Telefax 02 01 / 1 09-11 00

3/97

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: A2d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

**- Blatt 4 des Zulassungsscheines D/2090/B(U)-96 (Rev. 7) -**

Für das im Abfall vorhandene Nuklidgemisch ist folgende Bedingung einzuhalten:

$$S = \sum_i \frac{A(i)}{G_i(\rho, d)} \leq 1$$

- mit der Bedeutung:
- S Summenwert
 - A(i) Aktivitätsinventar im Behälter für Nuklid i in Bq
 - G_i(ρ, d) Grenzwert des zulässigen Aktivitätsinventars für das Nuklid i in Bq und in Abhängigkeit der Quellendichte ρ und der Dicke d der Bleiauskleidung im Behälter gemäß der Anleitung zur Bestimmung des zulässigen Inventars mit geringer Dichte für die Typ B(U)-96 Versandstücke MOSAIK® II-15 EI und MOSAIK® II-15 U EI (GNS B 180/2009, Rev. 1) (UIII-27 des Sicherheitsberichts).

Für den gesamten Inhalt ist eine maximale Wärmeleistung von 10 W zulässig.

Bauart der Verpackung:

Die Bauartvarianten MOSAIK® II-15 EI und MOSAIK® II-15 U EI erfüllen laut Prüfungszeugnis der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) vom 28. April 1997 - Aktenzeichen: III.3/20472 in Verbindung mit dem 1. Nachtrag zum Prüfungszeugnis vom 22. Oktober 1997 (Az.: III.3/20472) und dem 2. Nachtrag zum Prüfungszeugnis vom 25. November 1997 (Az.: III.3/20472), dem 3. Nachtrag (Az.: III.3/20757), 1. Ausfertigung vom 22. Februar 2001, zum Prüfungszeugnis – Nr. III.3/20472, und hinsichtlich der Strahlungsabschirmung nach Prüfung durch das BfS die an ein Typ B(U)-Versandstück für radioaktive Stoffe gestellten Anforderungen der Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1985 Edition (As Amended 1990) der International Atomic Energy Agency (IAEA); §§ 549 bis 556. Mit dem 4. Nachtrag (Az.: III.3/20847) vom 22. März 2002 zum Prüfungszeugnis – Nr. III.3/20472 der BAM und der BAM-Stellungnahme vom 17. Juni 2005 (AZ: III.32/Jo), sowie der gutachterlichen Stellungnahmen vom 12. Juli 2006 (AZ: III.3/21116), vom 27. August 2007 (AZ: III.3/21229), vom 16. April 2010 (AZ: III.3/21321) sowie vom 18.08.2010 (AZ: III.3/21371) und hinsichtlich der Strahlenabschirmung nach Prüfung durch das BfS wird bestätigt, dass die Voraussetzungen als Typ B(U)-Versandstück gemäß der Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2009 Edition, der International Atomic Energy Agency (IAEA), No. TS-R-1, (§§ 650 bis 664) erfüllt sind.

Beschreibung der Verpackung:

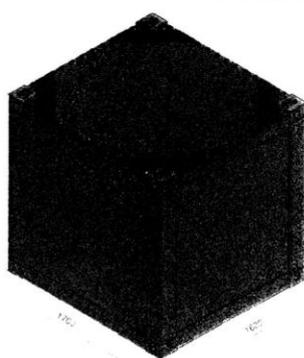
Die Verpackung besteht aus einem einteiligen, zylinderförmigen Behälterkörper aus Gusseisen mit Kugelgraphit. Die dichte Umschließung wird von dem Behälterkörper, dem Deckel mit den Verschlusseinrichtungen für die Deckeldurchbrüche und den Verschraubungen sowie den Dichtungen gebildet (siehe auch Datenblätter Nr. E 800.344, Rev. „d“, und E 800.345, Rev. „d“). Die beiden Bauartvarianten unterscheiden sich im Wesentlichen durch modifizierte Behälterdeckel. Zur zusätzlichen Abschirmung kann innen eine Bleiauskleidung verschiedener Wanddicke d eingesetzt werden, die im Bereich von 20 mm bis 120 mm in 5 mm-Schritten variiert werden kann. Weiterhin können als zusätzliche Inneneinbauten ein Primärbehälter bzw. MOSAIK®-Einsatz zur Aufnahme eines Kapselträgers eingesetzt werden. Die Stoßdämpfereinheit, bestehend aus Deckel-, Mittel- und Bodenstoßdämpfer, ist Teil der Verpackung. Die nachfolgend aufgeführten Maße und Massen gelten für beide Bauartvarianten.

	ohne Stoßdämpfer	mit Stoßdämpfer
Höhe:	1500 mm	1920 mm
Durchmesser:	1060 mm	1460 mm
Masse (beladen) max.:	9890 kg	12460 kg

Proj.-Nr.: 417 001**Nr. : LAK/10.0553****Seite: A3d**

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553


Datenblatt: EWB-DB-C02ws-nsf Rev. 04
Stahlblechcontainer Typ II-ws, ABK I, nicht störfallfest, Versandstück IP-2

Betriebsdaten			Ausführung		
1	Medium:	Feste Abfälle, siehe BfS-Prüfzeugnis und Eignungsbescheinigung	19	Wanddicke Seiten-/Stirnwand:	3mm
2	Betriebstemp.:	-20 bis +40°C	20	Wanddicke Boden:	5mm
3	Nenndruck (abs):	1 bar	21	Wanddicke Deckel:	5mm
4	Hohlvolumen:	ca. 4,2m ³	22	Wanddicke Ecksäulenblech:	8mm
5	Gebindevolumen:	ca. 4,6m ³	23	Fußtraverse:	L 150x100x10
6	Hauptabmessungen:	L= 1.600 x B= 1.700 x H= 1.700mm	24	Kopftraverse:	L 130x65x8
7	Leergewicht:	ca. 1.350kg bis 1.550kg ¹	25	Deckel-Anschlagpunkte:	M12
8	Zul.-Gesamtgewicht:	20Mg	26	Inneneinbau mit Beton-Inlinern:	Nach Zg.-stand zulässig
9	Stapelfähigkeit:	8-fach	27	Stahl-Inneneinbauten zur Fixierung und Lagesicherung:	Nach Zg.-stand zulässig
10	/	/	28	/	/
Werkstoffe ²			Zulassung		
11	Seiten-/Stirnwand:	DIN EN 10025-2 S355 J2+N, 1.0577+N	29	Einstufung nach Lagerrecht: ³	ABK I, nicht störfallfest (nsf)
12	Boden / Deckel:	DIN EN 10025-2 S355 J2+N, 1.0577+N	30	Einstufung nach Verkehrsrecht:	Versandstück IP-2, (Entlüftungsfiter im Deckel)
13	Ecksäulenblech:	DIN EN 10025-2 S355 J2C+N, 1.0579	Beschichtung und Konservierung		
14	Fußtraverse:	DIN EN 10025-2 S355 J2, 1.0577	31	Beschichtungssystem Lackierung - Außen - Innen (Option)	3-Schicht-System, nach DIN EN ISO 12944 Vorbereitung SA 2 ½ DFT (gesamt): 240 µm
15	Kopftraverse	DIN EN 10025-2 S355 J2, 1.0577	32	Dekontaminierbarkeit der Deckbeschichtung:	Prüfzeugnis für Decklack DIN 25415-1, ISO 8690
16	Dichtung:	EPDM	33	Beschichtungssystem Innen (Standard)	Schwerer Korrosionsschutz
17	Aufhängevorrichtung:	ISO-Eckbeschläge nach: DIN EN ISO 1161/ DIN EN 15190	34	Beschichtungsvarianten:	Bedarfsorientiert nach Zulassungsstand
18	/	/	35	/	/
 <p>Schutzvermerk Dieses Dokument ist Eigentum der Eisenwerk Bassum mbH und ist urheberrechtlich geschützt.</p>			Herstellung		
			36	QSP-Nr.:	EWB-QSP-C02ws-nsf
			37	Zeichnung-Nr.:	C02ws-0100-0501
			38		
			Verwendung		
			39	Zulässige Inhalte nach Verkehrsrecht:	EWB-EB-C02ws-nsf (Auftragsdokumentation)
40	Zulässige Inhalte nach Lagerrecht:	BfS-Prüfzeugnis (Auftragsdokumentation)			
41	Handhabung und zulässige Inhalte:	EWB-HA-C02ws-nsf			
42	Fixierung:	Lose bzw. mit Beton			
Freigabevermerk (Hersteller)					
Erstellt:		 			
26. SEP 2011					

¹ Leergewicht, ohne Berücksichtigung etwaiger Inneneinbauten.

² Alternative Werkstoffe sowie kpl. Werkstoffanforderungen gemäß Stückliste, gültig im aktuellen Freigabestand.

³ Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen) - Endlager Konrad -

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: A4d

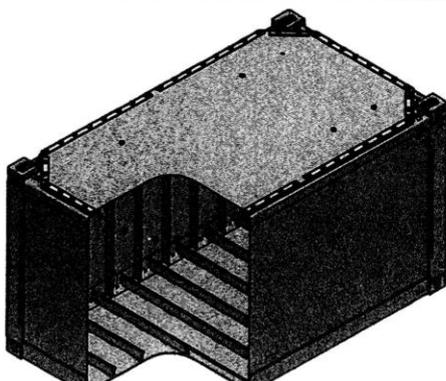
GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Hinterm Bahnhof 3, 27211 Bassum
 Tel.: (0 42 41) 80 28-0, Fax 80 28-20
 e-mail: eisenwerk@ewb-bassum.de
 www.eisenwerk-bassum.de



Datenblatt: EWB-DB-011203KC03-Rev.01
Stahlblechcontainer Typ III, ABK I + II, störfallfest, Versandstück IP-2

Betriebsdaten		Ausführung		
1	Medium:	Feste Abfälle, siehe BfS-Prüfzeugnis und Eignungsbescheinigung	19 Wanddicke Seiten-/Stirnwand:	
2	Betriebstemp.:	-20°C bis +40°C	3mm	
3	Nenndruck (abs):	1 bar	20 Wanddicke Boden:	
4	Hohlvolumen:	ca. 7,88m ³	5mm	
5	Gebindevolumen:	ca. 8,67m ³	21 Wanddicke Deckel:	
6	Hauptabmessungen:	L= 3000 x B= 1.700 x H= 1.700mm	5mm	
7	Leergewicht:	ca. 1.430kg ¹	22 Wanddicke Ecksäulenblech:	
8	Zul.-Gesamtwicht:	20Mg	8mm	
9	Stapelfähigkeit:	8-fach	23 Fußtraverse:	
10	/	/	L 150x100x10	
			24 Kopftraverse:	
			HP 160x7	
			25 Deckel-Anschlagpunkte:	
			M12	
			26 Inneneinbau mit Beton-Inlinern:	
			Nach Zg.-Stand zulässig	
			27 Stahl-Inneneinbauten zur Fixierung und Lagesicherung:	
			Nach Zg.-Stand zulässig	
			28 Inneneinbau mit thermischer Isolierung (bsp. BT-Th45)	
			Nach Zg.-Stand zulässig	
Werkstoffe ²		Zulassung		
11	Seiten-/Stirnwand:	DIN EN 10025-2 S355 J2+N, 1.0577+N	29 Einstufung nach Lagerrecht: ³	
12	Boden / Deckel:	DIN EN 10025-2 S355 J2+N, 1.0577+N	ABK I+II, störfallfest (sf)	
13	Ecksäulenblech:	DIN EN 10025-2 S355 J2C+N, 1.0579	30 Einstufung nach Verkehrsrecht:	
14	Fußtraverse:	DIN EN 10025-2 S355 J2, 1.0577	Versandstück IP-2, (Entlüftungsfiter im Deckel)	
15	Kopftraverse	DIN EN 10025-2 S355 J2, 1.0577	Beschichtung und Konservierung	
16	Dichtung:	EPDM	31 Beschichtungssystem Lackierung	3-Schicht-System, nach DIN EN ISO 12944
17	Aufhängevorrichtung:	ISO-Eckbeschläge nach: DIN ISO 1161/ DIN 15190-101	- Außen	Vorbereitung SA 2 1/2
18	/	/	- Innen (Option)	DFT (gesamt): 240 µm
			32 Dekontaminierbarkeit der Deckbeschichtung:	Prüfzeugnis für Decklack DIN 25415-1, ISO 8690
			33 Beschichtungssystem Innen (Standard)	Schwerer Korrosionsschutz
			34 Beschichtungsvarianten:	Nach Kundenwunsch siehe Stückliste
			35 /	/
		Herstellung		
		36 QSP-Nr.:	EWB-QSP-011203KC3	
		37 Zeichnung-Nr.:	C03-0200-0101	
		38	Hervorgegangen aus: Zg.Nr.: 011203KC3 Rev.0	
		Verwendung		
39	Zulässige Inhalte nach Verkehrsrecht:	EWB-EB-011203		
40	Zulässige Inhalte nach Lagerrecht:	BfS-Prüfzeugnis BfS/EWB/02/2006		
41	Handhabung und zulässige Inhalte:	EWB-HA-011203KC3		
42	Fixierung:	Lose bzw. mit Beton		
		Freigabevermerk (Hersteller)		
Erstellt:		Geprüft und freigegeben:		
23 APR 2012		23 APR 2012		

Schutzvermerk nach DIN ISO 15016:
 Dieses Dokument ist Eigentum der Eisenwerk Bassum mbH und ist urheberrechtlich geschützt.

¹ Leergewicht, ohne Berücksichtigung etwaiger Inneneinbauten oder Innenauskleidung (bsp. Betoninliner).
² Alternative Werkstoffe sowie kpl. Werkstoffanforderungen gemäß Stückliste, gültig im aktuellen Freigabestand.
³ Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen) - Endlager Konrad -

Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: A5d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

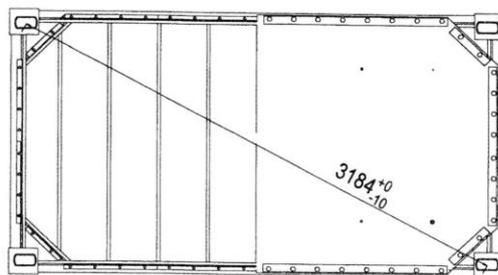
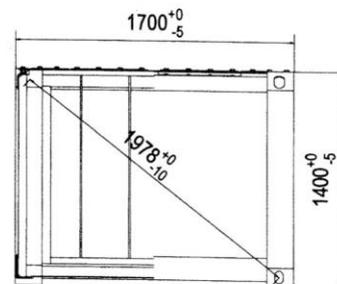
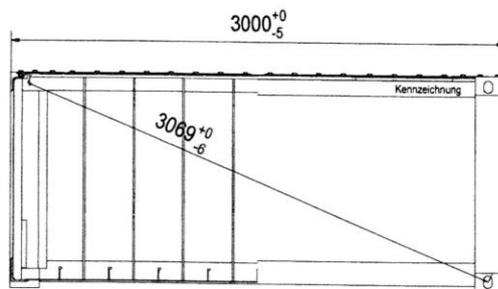
Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Hinterm Bahnhof 3, 27211 Bassum
 Tel.: (0 42 41) 80 28-0, Fax: 80 28-20
 e-mail: eisenwerk.bassum@t-online.de
 www.eisenwerk-bassum.de



Datenblatt Konrad-Container Typ IV, ABK I+II, störfallfest
 Nr.: EWB-DB-100901KC4-IP-2 Rev.0

Betriebsdaten			Ausführung	
1	Medium	LSA 1, LSA 2, LSA 3	21	Wanddicke Seiten-/Stirnwand 3 mm
2	Betriebstemp	-20 bis 40°C	22	Wanddicke Boden/Deckel 5 mm
3	Nenndruck (abs)	1 bar	23	Wanddicke Seitenständer 8 mm
4	Hohlvolumen	6,5 m ³	24	
5	Gebindevolumen	7,2 m ³	25	Gewicht leer ca. 1600 kg
6			26	Zul.-Gesamtgewicht bis 20 Mg
7			27	5-fach stapelfähig 8-fach stapelfähig
8			28	Korrosionsbeständigkeit
9			29	nach Beschichtungssystemlieferanten
10			30	Beschichtung (siehe unten)
Werkstoff			Zulassung	
11	Seiten-/Stirnwand	1.0038	31	IP-2 mit Entlüftungsfiter im Deckel
12	Boden / Deckel	1.0038	32	IP-2 Bescheinigung:EWB-EB-100901-IP-2 Rev0
13	Dichtung	EPDM	33	Bauartprüfung durch das BfS als
14	Aufhängevorrichtung	ISO-Eckbeschläge	34	Stahlblechcontainer Typ IV, ABK 1,
15		DIN ISO 1161	35	Störfallfest mit Prüfzeugnis
16	Seitenständer	1.0570	36	
17	Bodentraverse	1.0038	37	Nach Endlagerbedingungen Konrad
18	Kopftraverse	GL-Grad A	38	
19	Werkstoffanforderungen siehe Stückliste		39	
20			40	



Beschichtung
Außen:
- EP Haftgrund: 80 µm
- 2K-HS- Dickschichtlack EG: 100 µm
- 2K-Acryl-Decklack: 60 µm
Innen:
Beschichtung mit schwerem Korrosionsschutz als 3 mm Schutzschicht Massiv.
Hinterschnidungen sind mit PU Lack gestrichen. entfällt EWB QS

 erstellt: 

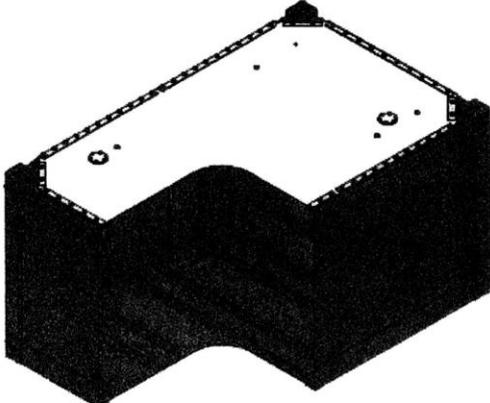
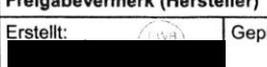
 geprüft und freigegeben: 

Hinterm Bahnhof 3, 27211 Bassum
 Tel.: (0 42 41) 80 28-0, Fax 80 28-20
 e-mail: eisenwerk@ewb-bassum.de
 www.eisenwerk-bassum.de



geringeres Leergewicht zur Berücksichtigung anderer Bauarten gewählt

Datenblatt: EWB-DB-170602-B-KC5 Rev.04 – Ausführung B
Stahlblechcontainer Typ V, ABK I+II, störfallfest und nicht störfallfest, Versandstück IP-2

Betriebsdaten			Ausführung		
1	Medium:	Feste Abfälle, siehe BfS-Prüfzeugnis und Eignungsbescheinigung	19	Wanddicke Seiten-/Stirnwand:	3mm
2	Betriebstemp.:	-20°C bis +40°C	20	Wanddicke Boden:	5mm
3	Nenndruck (abs):	1 bar	21	Wanddicke Deckel:	5mm
4	Hohlvolumen:	ca. 9,8 m ³	22	Wanddicke Ecksäulenblech:	8mm
5	Gebindevolumen:	ca. 10,9 m ³	23	Fußtraverse:	L 200x100x12
6	Hauptabmessungen:	L= 3.200 x B= 2.000 x H= 1.700 mm	24	Kopftraverse:	HP 160x7
7	Leergewicht:	ca. 2.100 kg ¹	25	Deckel-Anschlagpunkte:	M12
8	Zul.-Gesamtgewicht:	20 Mg	26	Inneneinbau mit Beton-Inlinern:	Nach Zg.-Stand zulässig
9	Stapelfähigkeit:	8-fach	27	Stahl-Inneneinbauten zur Fixierung und Lagesicherung:	Nach Zg.-Stand zulässig
10	/	/	28	Inneneinbau mit thermischer Isolierung:	Nach Zg.-Stand zulässig
Werkstoffe ²			Zulassung		
11	Seiten-/Stirnwand:	DIN EN 10025-2 S355 J2+N, 1.0577+N	29	Einstufung nach Lagerrecht: ³	ABK I+II, störfallfest (sf) und nicht störfallfest (nsf)
12	Boden / Deckel:	DIN EN 10025-2 S355 J2+N, 1.0577+N	30	Einstufung nach Verkehrsrecht:	Versandstück IP-2, (Entlüftungsfiter im Deckel)
13	Ecksäulenblech:	DIN EN 10025-2 S355 J2C+N, 1.0579	Beschichtung und Konservierung		
14	Fußtraverse:	DIN EN 10025-2 S355 J2, 1.0577	31	Beschichtungssystem Lackierung - Außen - Innen (Option)	3-Schicht-System, nach DIN EN ISO 12944 Vorbereitung SA 2 ½ DFT (gesamt): 240 µm
15	Kopftraverse	DIN EN 10025-2 S355 J2, 1.0577	32	Dekontaminierbarkeit der Deckbeschichtung:	Prüfzeugnis für Decklack DIN 25415-1, ISO 8690
16	Dichtung:	EPDM	33	Beschichtungssystem Innen (Standard)	Schwerer Korrosionsschutz
17	Aufhängevorrichtung:	ISO-Eckbeschläge nach: DIN ISO 1161/ DIN 15190-101	34	Beschichtungsvarianten:	Nach Kundenwunsch siehe Stückliste
18	/	/	35	/	/
			Herstellung		
			36	QSP-Nr.:	EWB-QSP-170602KC5
			37	Zeichnung-Nr.:	C05-3100-0101-00 (24-Fass-Version) C05-3400-0101-00 (26-Fass-Version)
			38	Hervorgegangen aus: Zg.Nr.: 170602-B-KC5 Rev.2	
Verwendung					
			39	Zulässige Inhalte nach Verkehrsrecht:	EWB-EB-170602
			40	Zulässige Inhalte nach Lagerrecht:	BfS-Prüfzeugnis BfS/EWB/01/2005
			41	Handhabung und zulässige Inhalte:	EWB-HA-170602KC5
			42	Fixierung:	Lose bzw. mit Beton
Freigabevermerk (Hersteller)					
			Erstellt:	Gepr.:	

Schutzvermerk nach DIN ISO 16016:
 Dieses Dokument ist Eigentum der Eisenwerk Bassum mbH und ist urheberrechtlich geschützt.

¹ Leergewicht, ohne Berücksichtigung etwaiger Inneneinbauten oder Innenauskleidung (bsp. Betoninliner).

² Alternative Werkstoffe sowie kpl. Werkstoffanforderungen gemäß Stückliste, gültig im aktuellen Freigabestand.

³ Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen) - Endlager Konrad -

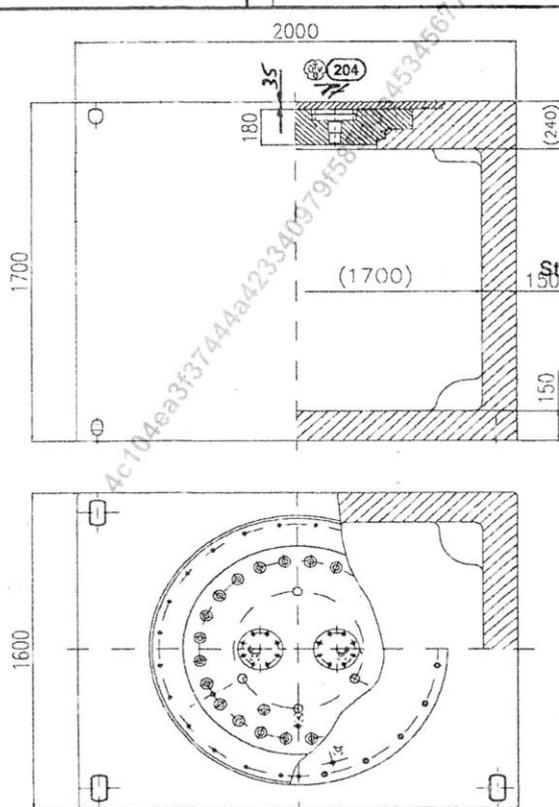
Proj.-Nr.: 417 001

Nr. : LAK/10.0553

Seite: A7d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.

Datenblatt			
Betriebsdaten	Betriebstemperatur: Umgebung	Ausl. Druck (abs.):	7 bar
	Medium: Abfallprodukt	Wanddicke Mantel:	150 mm
	Nennvolumen: 2,9 m³	Wanddicke Boden:	150 mm
	Dichte: 0,7 kg/m³	Wanddicke Deckel: <i>siehe Seitenansicht</i> ²⁰⁴	204 mm
	Gebindevolumen: 5,44 m³	Masse leer:	ca. 18.320 kg
	Lagervolumen: 5,44 m³	Abfallmasse allgemein:	ca. 1.680 kg
Werkstoff	Behälterkörper: GGG 40 (WB 59)	nach ADR / RID:	IP-2
	Deckel: GJSF-350-10C	nach Endlagerungsbed. KONRAD:	ABK II
	Schutzdeckel: 1.0577		
	Dichtung: FKM/QQM	nach T. Annahmebed. GÖRLEBEN:	AGK II
	Schrauben: 8.8 verzinkt (A2, A4)		
		Staatl. Gewerbeaufsichtsamt Lüneburg 29. März 2010 Hat vorgelegen Geprüft für ALG, Prüfbemerkungen siehe unsere Stellungnahme vom 16.03.2010	
Hersteller: Siempelkamp Datenblatt Nr. ASB-2010-091	Bezeichnung: Gusscontainer Gusscontainer Typ VI-15 Zeichnungs-Nr. 720.03 Rev. g	erstellt geprüft Revision	Name Cleve Datum Feb 10
Ersetzt Datenblatt TG3-003/00			

Proj.-Nr.: 417 001
Nr. : LAK/10.0553
Seite: A8d

GEN Dok. Nr.: LAK/073/553

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.