

BERICHT

Nr. 20G00439/01

Datum: 27.11.2020

Auftraggeber: Landratsamt Ravensburg
Friedensstraße 6
88212 Ravensburg

Auftrag vom: 13.11.2020

Inhalt des Auftrages: Statische Berechnung von Sickerwasserrohren

Bauort: Deponie Gutenfurt

Bauvorhaben: Fortführung der Deponie
Statik PVC Tunnelprofil

Planung: AU Consult GmbH
Provinostraße 52 / Geb. A 15
86153 Augsburg

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Armin Stegner

Telefon Nr.: +49 911 81771-430

Telefax Nr.: +49 911 81771-439

E-Mail: armin.stegner@lga.de

Dieser Bericht umfasst 12 Textseiten und 1 Anlage.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das/die im Prüfungsbericht genannte(n) Probenmaterial/ Prüfstück.

Dieser Prüfungsbericht darf nur im vollen Wortlaut veröffentlicht werden.
Jede Veröffentlichung in Kürzung oder Auszug bedarf der vorherigen Genehmigung durch die LGA Bautechnik GmbH.

Für die Auftragsabwicklung haben wir wesentliche Daten und Ihre Anschrift gespeichert.
Der Datenschutz ist gewährleistet.

LGA Bautechnik GmbH
Statik
Tillystraße 2
90431 Nürnberg

Tel +49 911 81771 430
Fax +49 911 81771 439
Mail Armin.Stegner@lga.de

Geschäftsführung: Hans-Peter
Trinkl, Thomas Weierganz
AG Nürnberg HRB 20586
USt-IdNr. DE813835574

Ein Unternehmen der
LGA Landesgewerbeanstalt
Bayern Körperschaft des
öffentlichen Rechts

Web www.lga.de

1. Unterlagen

1.1 Pläne

- 1.1.1 Deponieschnitte 1-1, 3-3, 5-5, 7-7, C-C“ und „Zwischenstand Planung“, AU Consult
- 1.1.2 Plan „Darstellung der Zustandsklassen“, IB ICP
- 1.1.3 Lageplan „Skizze Punkte Rohrstatik“ mit dazugehöriger Tabelle „Bemessungsangaben zur Rohrstatik Gutenfurt,“ AU Consult zu den Überdeckungshöhen und Einwirkungen auf die einzelnen Rohrtypen vom 17.02.2020
- 1.2 Bericht Sickerwassererfassungssystem Deponie Gutenfurt, AU Consult
- 1.3 Untersuchungen des Entwässerungssystems durch das IB ICP, Karlsruhe
 - 1.3.1 Zustandsdokumentation des Entwässerungssystems, ICP vom November 2016
 - 1.3.2 Erkundung der Sickerwasserdrainageleitungen G 22 und G 23, Ergebnisbericht ICP vom Oktober 2020
- 1.4 ATV A127: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen; 3. Auflage 2000
- 1.5 ATV-M 127 Teil 1: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungsleitungen für Sickerwässer aus Deponien März 1996
- 1.6 Vorläufige Bemessungsgrundsätze für Bauteile in Deponien, Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, November 1995
- 1.7 SKZ / TÜV - LGA Güterrichtlinie Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile in Deponien vom September 2013
- 1.8 G. Sonntag: Die Stabilität dünnwandiger Rohre im kohäsionslosen Kontinuum, Felsmechanik und Ingenieurgeologie Vol. 4/3, 1966, Springer Verlag
- 1.9 DIN 8062, Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid, Maße, Version 11.1988
Hinweis: Das gewählte Maß für die Wanddicke weicht von der aktuellen Norm ab.
- 1.10 BÜV Empfehlung Tragende Kunststoffbauteile im Bauwesen, 08/2010
- 1.11 Unser Bericht 94646278/01 vom 11.03.2020 und die darin genannten Unterlagen

2. Beschreibung / Inhalt

2.1 Baubeschreibung

Auf der Deponie Gutenfurt sind als Sickerwasserleitungen verschiedene Rohrtypen eingebaut. Im Deponiebereich Gutenfurt I sind geschlitzte PVC-Rohre der Nennweiten DN (Nennweite entsprechend Innendurchmesser) 200 mm und DN 250 mm eingebaut. Die eingebauten PVC-Rohre weisen bereichsweise Verformungen auf. In Unterlage 1.11 erfolgten statische Nachweise für runde PVC Rohre. Gemäß Unterlage 1.3.2 sind tunnelförmige PVC Rohre DN 200 und DN 250 eingebaut.

2.2 Inhalt

Es werden Standsicherheitsnachweise mittels der Methode der Finiten Elemente für die PVC Rohre DN 200 mit Tunnelprofil geführt.

Zu den Rohren liegen keine vollständigen Informationen vor. Es müssen daher Annahmen bezüglich Wanddicken und Einbau getroffen werden.

Die PVC Rohre mit Nennweite DN 200, entsprechend dem Innendurchmesser 200 mm im oberen Bereich werden als Typ C2 nach DIN 4266 angenommen. Die Mindestwanddicke wird mit 3,6 mm nach DIN 8062 angenommen.

Die bemessungsmaßgebenden Einbauorte und Einwirkungen aus den Auflasten werden gemäß den Vorgaben in Unterlage 1.1.3 angenommen.

3. Einwirkungen

3.1 Ständige Einwirkungen

Die ständigen Einwirkungen aus der vorhandenen Müllüberdeckung, den vorgesehenen Überdeckungen mit mineralischem Abfall und den Rekultivierungsschichten werden gemäß 1.1.3 angesetzt.

Aus den Unterlagen der Deponie wurden die folgenden Abfallwichten ermittelt:

Mittleren Wichte des gemischten Hausmülls $\gamma_{\text{Hausmüll}} = 11,3 \text{ kN/m}^3$

Mittleren Wichte des mineralischen Abfalls $\gamma_{\text{mineralisch}} = 15 \text{ kN/m}^3$

Mittleren Wichte der Rekultivierungsschichten $\gamma_{\text{Reku}} = 20 \text{ kN/m}^3$

Die ständige Last wird 1,00-fach und für die nichtlinearen Stabilitätsnachweise 2,00-fach angesetzt. Nachweise mit 1,35-fachen Lasten werden nicht geführt, da sie für die Rohrrechnungen (übliche Grundlage DWA Arbeitsblatt (Unterlage 1.4) aktuell nicht implementiert sind. Aus den vorgesehenen Endhöhen ergeben sich für die Nachweise die folgenden Einwirkungen:

PVC-Rohre Gutenfurt I: 590,24 kN/m²

Diese Einwirkungen werden als zutreffend vorausgesetzt.

3.2 Veränderliche Einwirkungen:

Befahren der Deponieoberfläche hat wegen der hohen Überdeckung keinen Einfluss auf die Berechnungsergebnisse.

3.3 Temperaturen und Medium:

Medieneinflüsse werden für alle Rohrtypen angesetzt. Die Dauertemperatur für Bereiche, in denen Hausmüll eingebaut wurde, wird mit 30° C angenommen.

4. Rohre und Baustoffe

Angaben zu Wanddicken der Steinzeug- und PVC-Rohre liegen nicht vor. Für die Rohre des Bestandes wird als Rohrgeometrie angenommen:

PVC DN 200 mit Mindestwanddicke 3,6 mm

Die Rohre sind perforiert. Dies wird durch eine Abminderung der mittragenden Breite mit Faktor 0,90 für die Schlitzung berücksichtigt.

Für die Altrohre wird als Rohrmaterial ein „üblicher“ PVC-U Werkstoff mit Langzeitkriechmodul 1750 N/mm² (Wert aus ATV A 127 1988) angenommen. Die zulässigen Spannungen werden gemäß Unterlage 1.4 angenommen. Kriechmodul und zulässige Spannungen werden für Medien- und Temperatureinflüsse nach DIN 4266 (Version Januar 1992) abgemindert.

Dies wird als zutreffend vorausgesetzt.

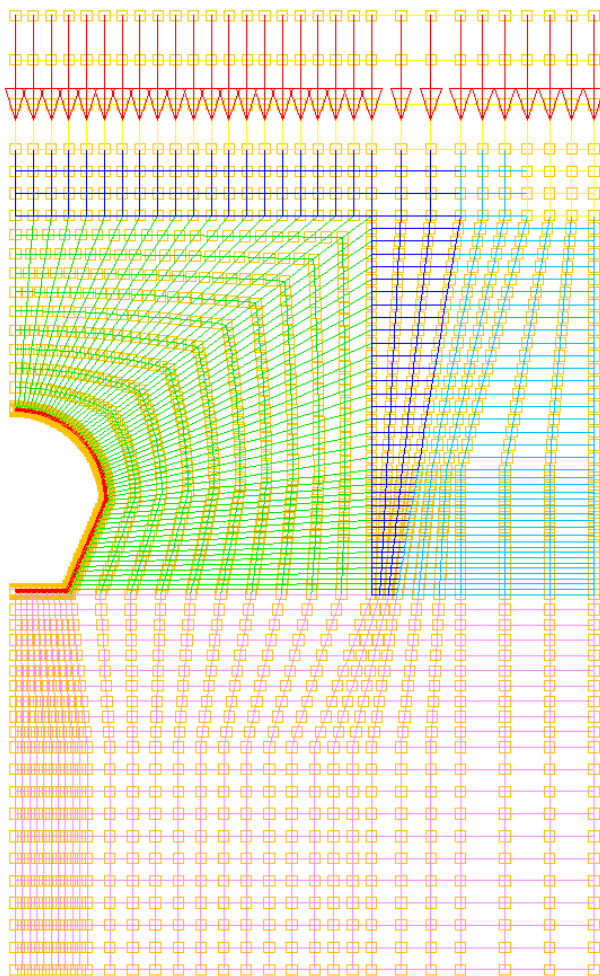


Bild 1 FEM Model

5. Einbau

Es wird angenommen, dass die PVC-Rohre des Bestandes gemäß Bild 2 in Auflagern in Kies auf der Dichtung eingebaut wurden und mit mindestens 200 mm Kies überbaut sind.

Für die Bodenschichten werden die folgenden Elastizitätsmodule als Mindestwerte angesetzt:

	E N/mm ²	ν -	γ kN/m ³
Kies 16/32	≥ 40	0,2	18
Kies 8/16	≥ 30	0,25	18
Schutzschicht	≥ 20	0,3	20
Dichtung	$\geq 8 - 15$	0,4	22

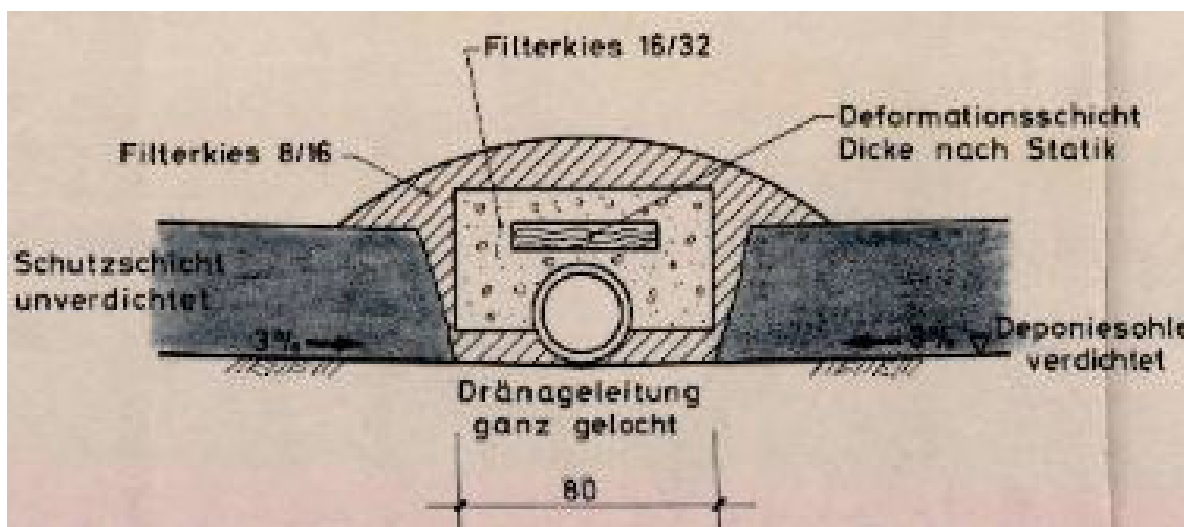


Bild 2 Einbau Steinzeug- und PVC-Rohre (aus 1.2)

Diese Werte sind Mindestwerte und werden für das Zutreffen der Berechnungsergebnisse vorausgesetzt. Sie gelten unter der maximalen Auflast. Der erhöhte Wert von $E \geq 15 \text{ N/mm}^2$ – vorher $\min E = 8 \text{ N/mm}^2$ - für das Auflager auf dem Dichtungsmaterial wurde angesetzt um die Berechnungen zu justieren und die Rechenergebnisse den Ergebnissen der Befahrungsprotokolle anzugleichen. Er entspricht einem als Rohrauflager verbesserten Bereich unter den Rohren.

Die Bodenkennwerte müssen im Zweifelsfall durch einen Baugrundspezialisten bestätigt werden. Eine vollflächige Einbettung aller Rohre wird vorausgesetzt.

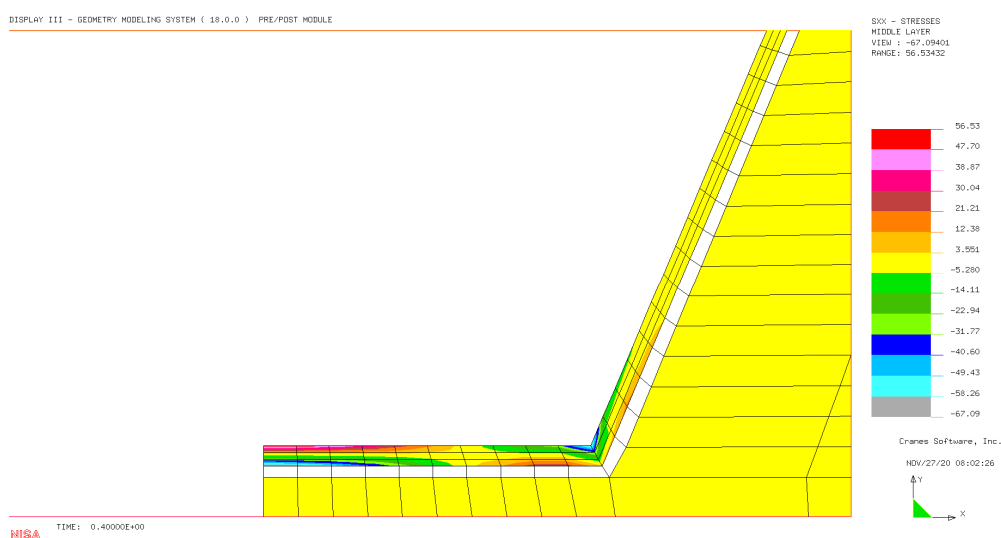


Bild 3 Horizontalspannungen unter einfacher Last

6. Berechnungen

6.1 FEM-Modellierung

Im mechanischen Modell erfolgt die Abbildung des Altrohres und des umgebenden Boden durch Scheibenelemente.

Die Verbindung zwischen Rohr und Boden wird mit Hilfe von GAP/Friction-Elementen (reine Druckkraftübertragung) simuliert. Die Auflast wird durch Einzellasten auf den Knoten des oberen Modellrandes angesetzt.

Die verwendete Diskretisierung ist in Bild 1 dargestellt, verschiedene Materialien sind farblich abgehoben. Es erfolgen geometrisch nichtlineare Berechnungen, in denen die Belastung schrittweise gesteigert wird. Die Perforation der Rohre wird durch eine Abminderung der mittragenden Breite berücksichtigt. Vorhandene Risse werden nicht berücksichtigt.

6.2 Spannungen

Alle Werte in N/mm²

Die Spannungen werden unter der 1,00-fachen maximalen Auflast ermittelt:

	Horizontalspannungen	Vertikalspannungen
Druck	-67,1	-47,5
Zug	56,5	31,7

Die maximale Spannung unter 1,00-facher Last beträgt 67,1 N/mm² (Horizontalspannung).

Nachweis: $\sigma_{\text{vorh.}} = 67,1 > \sigma_{\text{zul.}} = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 50 = 38,2 \text{ N/mm}^2$

6.3 Verformungen

Die Verformungen unter einfacher Last betragen $22,86 - 10,80 = 12,1 \text{ mm}$ entsprechend 6,0 % des mittleren Durchmessers.

6.4 Stabilitätsnachweis

Die Verformungen und Spannungen werden in den FEM Berechnungen bis zur zweifachen berechnet. Die Verformungen betragen dann rechnerisch 40 mm das heißt 20 % des Querschnittes. Die unter 2-facher Last zulässige Verformung von 12 % wird überschritten.

Die zulässigen Spannungen unter 2-facher Last sind die Grenzspannungen ($\sigma_{\text{grenz., langz.}} = 50 \text{ N/mm}^2$ ohne Abminderungen). Diese werden mit $\sigma_{\text{vorh., langz.}} = 92,7 \text{ N/mm}^2$ überschritten.

Im Anhang ist die Verformungsfigur unter einfacher Last neben einem Bild aus einer Kamerabefahrung der Rohre beigefügt. Ein Stabilitätsversagen der dünnwandigen Rohre ist außer von der Rohrwand auch von der Bettung, die nicht exakt quantifiziert werden kann, abhängig. Stabilitätsversagen kann ohne Ankündigung durch langsam fortschreitende Verformungen auftreten.

7. Bemerkungen

- 7.1 Im Bauabschnitt Gutenfurt I, in dem PVC- und Steinzeugrohre eingebaut sind, sind Schäden an den Rohren aufgetreten. Dokumentiert sind unter anderem zahlreiche Unterbögen mit Wassereinstau. Verformungen des Untergrundes werden in unseren 2-dimensional geführten Berechnungen nicht erfasst.
- 7.2 Unsere Berechnungen wurden unter Ansatz „üblicherweise“ zu erwartender Boden- und Materialkennwerte geführt. Das Auflagermaterial wurde dabei modifiziert um die Berechnungen an Hand des vorhandenen Zustands zu justieren.
- 7.3 Für die PVC-Rohre mussten Annahmen zur Wanddicke getroffen werden. Das Zutreffen bzw. Nicht-Zutreffen dieser Annahmen kann deutliche Auswirkungen auf die Ergebnisse haben.

8. Ergebnis:

Die durchgeführten Berechnungen ergeben, dass die vorhandenen Rohre nur eingeschränkt für die neu vorgesehenen Überdeckungshöhen geeignet sind:

Die Spannungen der PVC-Rohre überschreiten die zulässigen Werte. Die Verformungen liegen theoretisch mit ca. 6 % des Durchmessers im Bereich des zulässigen Wertes von 6 %. Die Verformungsfigur zeigt jedoch, dass im Sohlbereich Verformungen der gesamten Struktur auftreten. Dies entspricht den Ergebnissen im Stabilitätsnachweis, in dem die zulässigen Verformungen und Spannungen nicht eingehalten werden.

Die Berechnungsergebnisse sind bezüglich aller Bodenkennwerte und der Wanddicken der Rohre durch die Erfordernisse wegen fehlender Daten Annahmen zu treffen mit Unsicherheiten behaftet. Sie entsprechen im Wesentlichen den Ergebnissen der Kamerabefahrungen, so dass größenordnungsmäßig ein Zutreffen angenommen werden kann. Durch die zusätzliche Auflast aus der vorgesehenen Überschüttung muss mit weiteren Schäden gerechnet werden. Dies ist für das Gesamtentwässerungskonzept und gegebenenfalls Sanierungsplanungen zu berücksichtigen. Wegen des deutlichen Ergebnisses können die Schlüsse aus den Rechenergebnissen unseres Erachtens auf baugleiche Rohre DN 250 übertragen werden.

TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH
Statik



Dieter Straußberger
Dipl.- Ing. (FH)
Geschäftsfeldleiter

Bearbeiter:



Armin Stegner
Dipl.-Ing.

Verteiler:

LRA Ravensburg
AUC

Bericht

1-fach+PDF
PDF

Unterlagen

Anhang: Ergebnisausdrucke

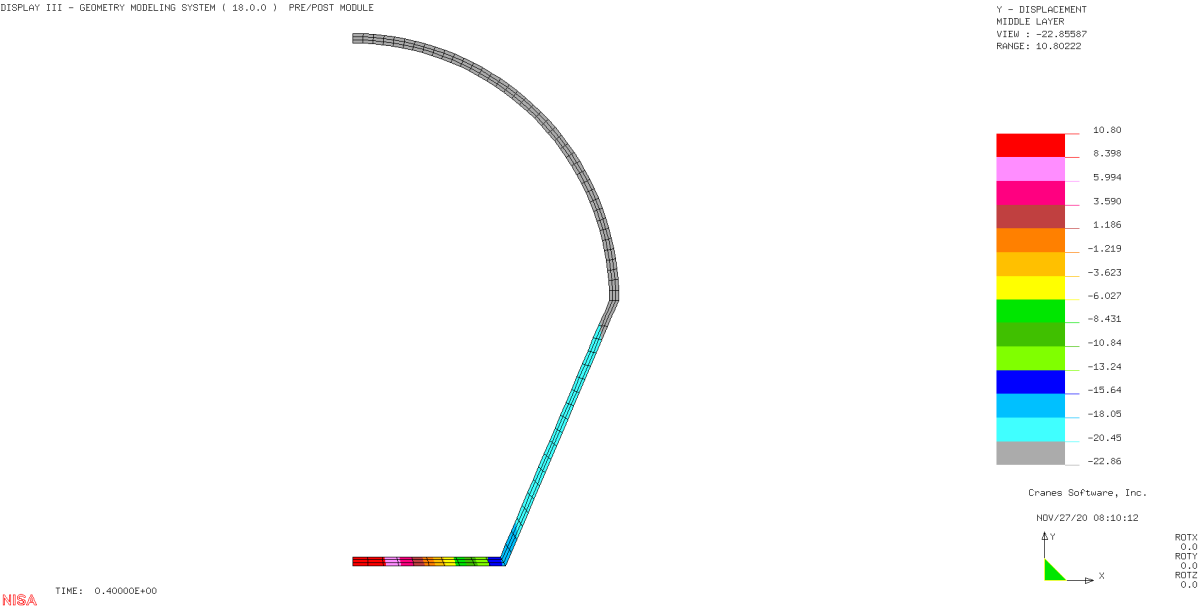


Bild A1 Verformung unter 1,00-facher Last



Bild A2 Vertikalspannung unter 1,00-facher Last

Statik

DISPLAY III - GEOMETRY MODELING SYSTEM (18.0.0) PRE/POST MODULE

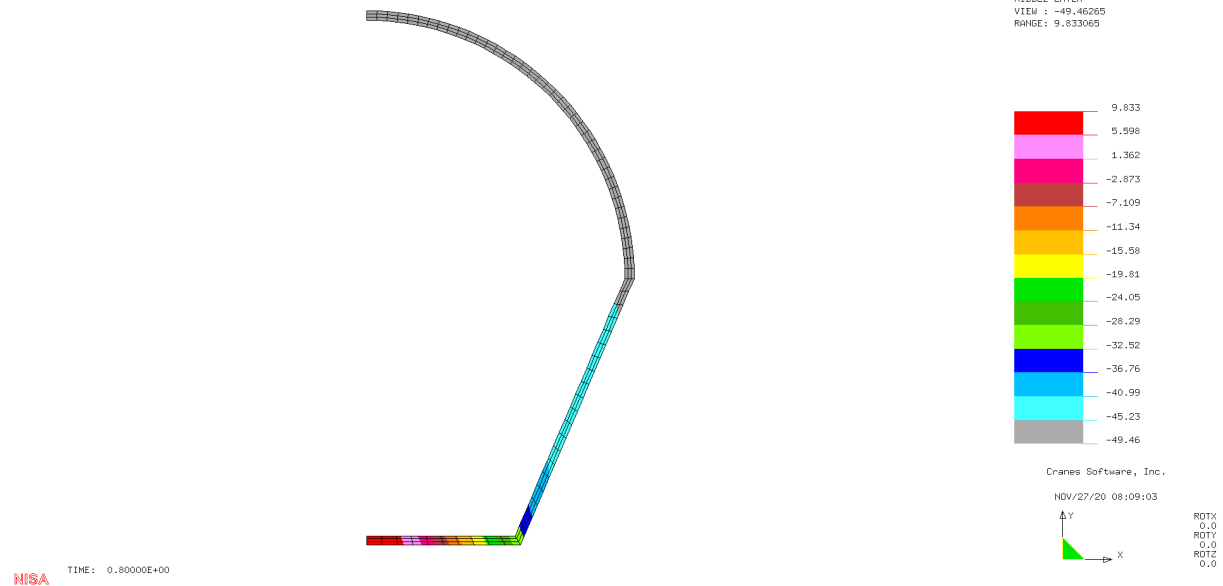


Bild A3 Verformung unter 2,00-facher Last

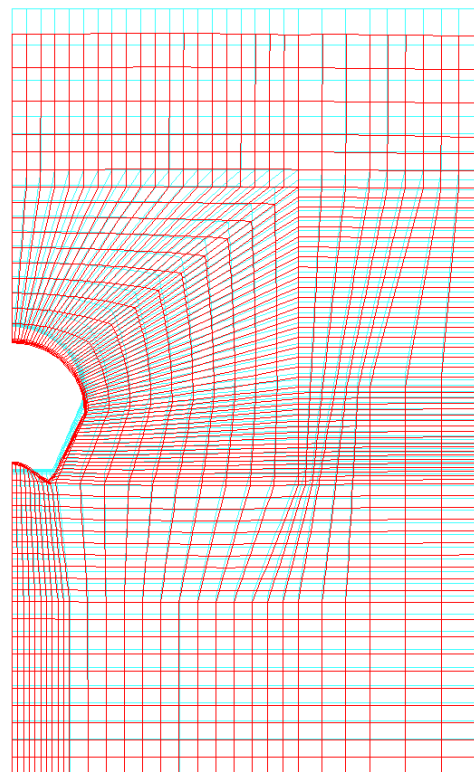


Bild A4 Verformungsfiguren der Rohre bei einfacher Last und aus Kamerabefahrung



DISPLAY III - GEOMETRY MODELING SYSTEM (18.0.0) PRE/POST MODULE

VON-MISES STRESS
MIDDLE LAYER
VIEW : 0.229336
RANGE: 92.66705

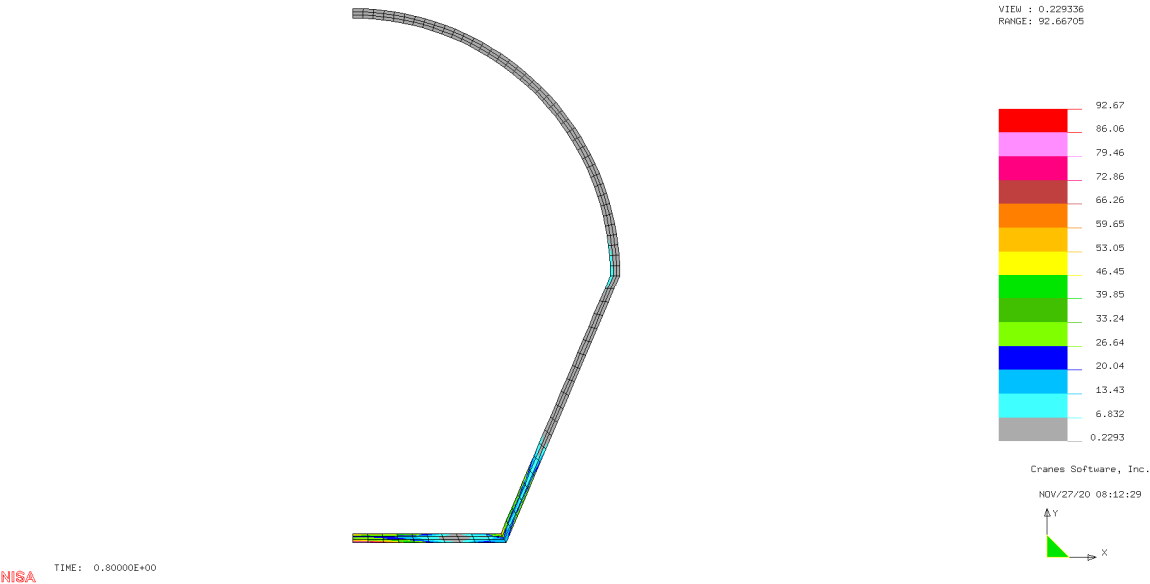


Bild A5 Maximale Vergleichsspannungen unter 2-facher Last