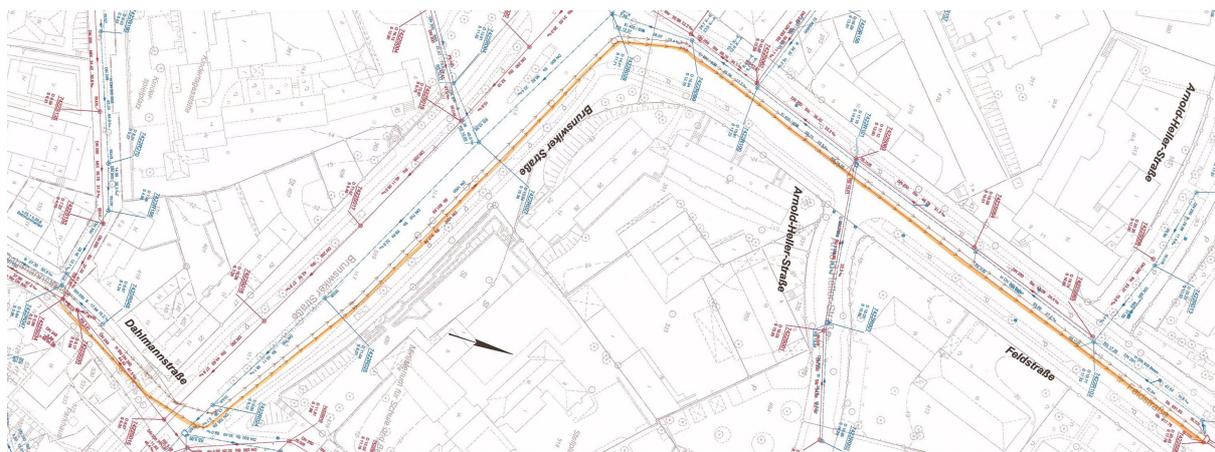


3D-Verlaufsmessung einer Druckrohrleitung - erfolgreiche Premiere im Hauptkanal

Im Verlauf des Kieler Hauptkanalnetzes existiert eine 917 m lange Doppeldruckrohrleitung aus DN 1000 Spannbeton, die einen Höhenunterschied von über 18 m überwindet. Zudem weist der Abwasserkanal aus den 70er Jahren zwei 90° Bögen auf. Daraus ergeben sich besondere Anforderungen an eine Reinigung, Inspektion und geodätisch exakte Vermessung. Diesen Aufgaben nahmen sich die Kanalspezialisten der Canal-Control + Clean Umweltschutzservice GmbH in Zusammenarbeit mit der GEODOC GmbH im November 2015 im Auftrag der Stadtentwässerung Kiel an.

Ausgangslage

Bei Abwasserdruckleitungen handelt es sich um Sonderbauwerke der Kanalisation, da sie sich in baulichen und betrieblichen Randbedingungen von Freispiegelleitungen unterscheiden: Druckleitungen weisen so gut wie keine Wartungs- und Kontrollöffnungen auf. Steigungsstrecken, Bögen im Leitungsverlauf und ständige Vollenfüllung erschweren die Reinigungsarbeit und die Inspektion. Da Inspektionen während des Betriebs bei Planung und Bau meist nicht vorgesehen werden, sind Schächte in Druckleitungen nur in großen Abständen vorhanden. Leitungen dieser Art gelten nach DWA-Arbeitsblatt 116-2 als wartungsfrei.¹ Dennoch stellte sich die Stadtentwässerung Kiel die Frage, in welchem Zustand sich die Druckrohrleitungen zwischen einer der größten Kieler Pumpstationen in der Innenstadt und der Einleitung zum Freigefälle in der Feldstraße vor der Kieler Gelehrtenschule befindet.



Bildunterschrift:

Über die parallel verlaufenden baugleichen Druckrohrleitungen in der Kieler Innenstadt waren bisher lediglich analoge Planungsunterlagen aus dem (olympischen) Baujahr 1972 bzw. 1978 vorhanden.

Aus Sicherheitsgründen wurden zwei parallel verlaufende Druckrohrleitungen verbaut. "Alle paar Wochen wird der Betrieb von einer zur anderen Leitung gewechselt. Nur sehr selten, wenn extreme Ereignisse wie Starkniederschlag auftreten, werden beide Druckrohrleitungen verwendet.", erläutert Frank Günther-Schäkel, Arbeitsgruppenleiter Bauausführung der Stadtentwässerung Kiel. Auf dem im Projektzeitraum nicht verwendeten östlichen Zweig soll erprobt werden, mit welchen Maßnahmen und technischen Mitteln eine Reinigung, Inspektion und Vermessung erfolgreich bewältigt werden kann. Die Sohlhöhe im Zulauf beträgt -1,08 m und die Sohle im Ablauf 17,18 m, sodass das Abwasser auf dem 917 m langen Leitungsverlauf über 18 m hochgepumpt wird. Fehlende Zugänglichkeiten und zwei 90° Bögen sind weitere Herausforderungen auf der Strecke. "Wie für eine

¹ DWA-A 116-2: Besondere Entwässerungsverfahren, Teil 2: Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. DWA, Hennef, Mai 2007

betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer normüblich, wurde diese Strecke seit der Inbetriebnahme noch nie mit einer Kamera zur optischen Kanalinspektion durchfahren.", schildert Frank Günther-Schäkel.

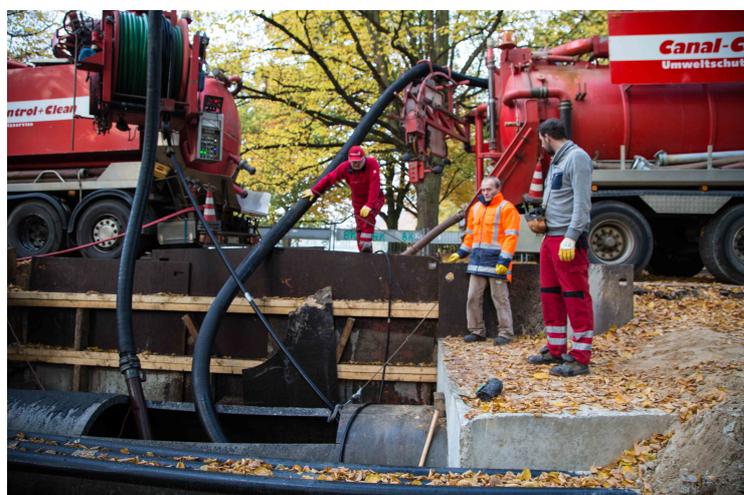
Planung und Vorbereitung

Aufgrund der geschilderten Besonderheiten ist eine Inspektion des gesamten Leitungsverlaufs nicht ohne bauliche Eingriffe möglich. Die Stadtentwässerung Kiel entschied sich daher, zwei Revisionsstücke einzubauen. Hierzu wurde die Druckrohrleitung an zwei Stellen, im Ratsdienergarten und im Jensendamm, mittels Baugruben aufgetrennt. Somit konnte die Druckrohrleitung in drei Abschnitte von 37 m, 268 m und 612 m aufgeteilt werden. Die Positionen der Revisionsstücke wurde so gewählt, dass sich diese vor und hinter dem Teilstück befinden, auf dem eine Absackung vermutet wurde, um hier eine Zugangsmöglichkeit zu schaffen.

Im Gegensatz zu Anschlussleitungen kann die Lage von Hauptkanälen theoretisch anhand von Schachtbauwerken ermittelt werden. Diese sind oberirdisch sichtbar und befinden sich zumeist im öffentlichen Bereich. Zwischen den Schächten wird ein geradliniger Verlauf der Haltung angenommen. Es treten jedoch immer wieder Fälle auf, in denen der Haltungsverlauf von diesem Prinzip abweicht und zwar so stark, dass die Abweichung für die Planung von Sanierungsmaßnahmen von Bedeutung ist. "In diesen Situationen ist eine exakte Rohrverlaufsmessung auch in Hauptkanälen angeraten.", bekräftigt Projektleiter Lüdeke Graßhoff (GEODOC GmbH) den Entschluss der Stadtentwässerung Kiel. Diese entschied, die Druckrohrleitung nicht nur gründlich zu reinigen und zu inspizieren, sondern gleichzeitig den genauen Verlauf mit Hoch- und Rechtswerten sowie Höhenangaben (x,y,z-Koordinaten) erfassen zu lassen. Besonderen Wert legte René Mittelstädt, Bauleiter der Stadtentwässerung Kiel, dabei auf die Höhendaten. Zu diesem Zweck setzt das ausführende Unternehmen Canal-Control + Clean Umweltschutzservice GmbH (CCC) die Hydrostatische Höhenmessung und die 3D-GeoSense-Verlaufsmessung ein. Mit dieser von der IBAK Helmut Hunger GmbH & Co. KG entwickelten innovativen Technologie wird der Rohrverlauf mit einem in die Inspektionskamera integrierten 3D-Sensor in einem Arbeitsgang mit der Inspektion automatisch aufgezeichnet. Unterstützt wird die 3D-GeoSense-Messung mit der Hydrostatischen Höhenmessung, bei der über eine im Spülschlauch stehende Wassersäule die Höhe zentimetergenau gemessen werden kann.

Reinigung

Zunächst stand die Reinigung der Druckrohrleitung an. Erste Messungen ließen auf eine Gesamtverschmutzung von knapp 300 t schließen.



Bildunterschrift:

*In den Baugruben wurde zunächst eine Reinigungsrevision geschaffen. Die Rohrsohle blieb erhalten, nur der Scheitel wurde geöffnet.
Foto: Aron Winkeltau, CCC*



Bildunterschrift:

*Da die Canal-Control + Clean Umweltschutzservice GmbH insbesondere in der Großprofilreinigung langjährige Erfahrung besitzt, konnte das Unternehmen den Auftrag der Stadtentwässerung Kiel mit speziell leistungsfähigen Reinigungs- und Saugfahrzeugen durchführen.
Foto: Aron Winkeltau, CCC*

"Die Reinigung auf dem 612 m langen Teilabschnitt ohne weiteren Zugang bei einem Höhenunterschied von 17 m gegen die Fließrichtung, also bergauf, hat unsere Mitarbeiter und natürlich auch das Material entsprechend gefordert.", merkt Lüdeke Graßhoff an. Hier wurden täglich bis zu 35 t Kanalsande mit mehreren Fahrzeugen zu Tage gefördert und nahezu die gesamte Rohrstrecke erreicht. Die Herstellung einer Seilverbindung über die 612 m lange Strecke und die durchgeführten Schwallspülungen unterstützten die Reinigung der leistungsstarken Wasserrückgewinner zusätzlich. Besonders auf diesem Teilstück bereiteten die beiden 90° Bögen ein größeres Hindernis. Eine tägliche Befahrung mit einer hochauflösenden Dreh- und Schwenkkopfkamera auf dem IBAK-Fahrwagen zur Kontrolle der Reinigungsergebnisse brachte genaue Erkenntnisse über den Reinigungsfortschritt und die Effektivität der angewandten Methoden. Diese TV-Kontrolluntersuchungen wurden bereits mit der 3D-GeoSense-Technik durchgeführt, sodass die Kameraposition jederzeit der sich dynamisch aufbauenden Netzgrafik am Bildschirm zu entnehmen war. Dadurch hatte der Reiniger genaue Information über die Änderungen des Haltungsverhältnisses und die Position der vorliegenden Kaskaden. Die Reinigung konnte damit genau und effektiv auf die Rohrgeometrie abgestimmt werden.



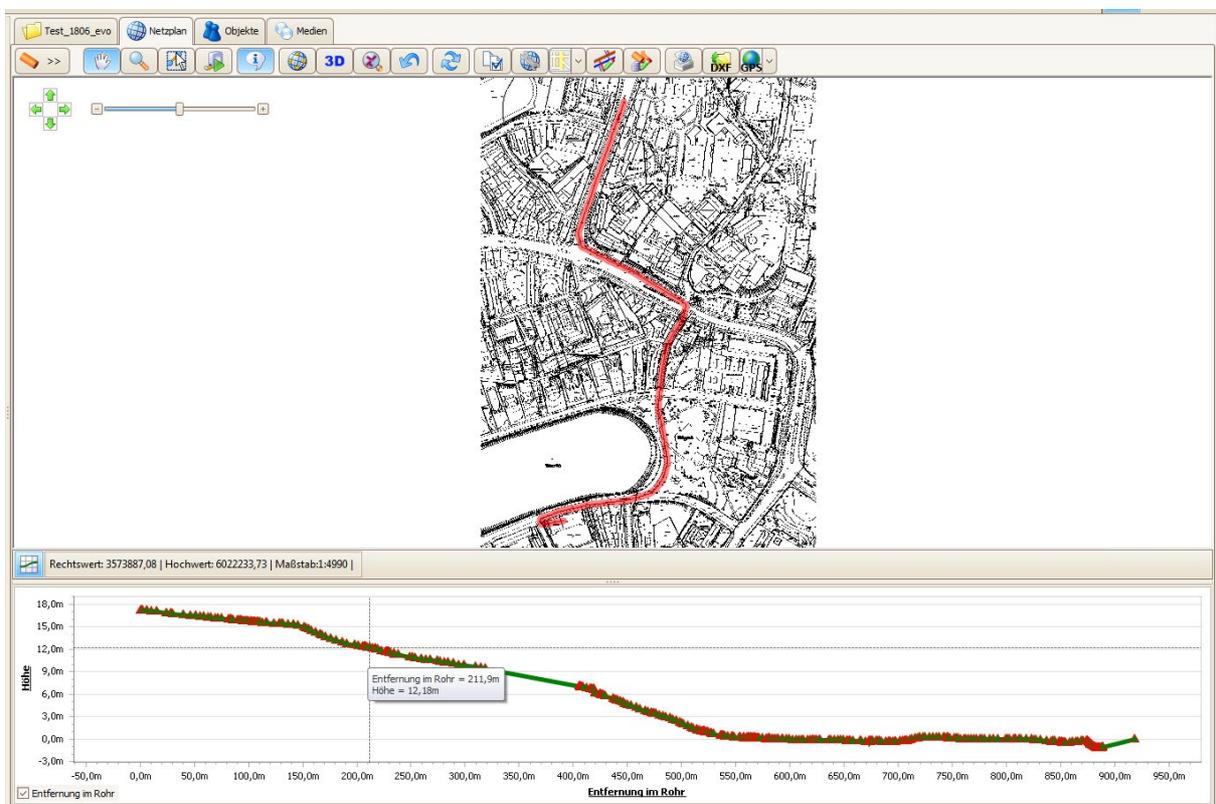
Bildunterschrift:

*Nach Fertigstellung der Reinigung zeigte die Waage ein Gesamtergebnis von insgesamt 240 t aus der Druckrohrleitung gereinigte Kanalsande.
Foto: Aron Winkeltau, CCC*

"Die anderen Teilstücke von 268 m und 37 m wiesen den gleichen Verschmutzungsgrad auf, waren von der Zugänglichkeit für die Reinigungswerkzeuge und die Inspektionskamera mit Fahrwagen aber deutlich einfacher zu erreichen.", berichtet Lüdeke Graßhoff weiter. Auf diesen Abschnitten wurden größere Unterbögen entleert. Die Rohrstrecke konnte direkt bis zur Rückstauklappe an der Pumpstation vollständig gereinigt und mittels Inspektionskamera befahren werden.

Inspektion und 3D-Verlaufsmessung

Im Anschluss an die Reinigung wurde die Druckrohrleitung komplett aufgetrennt, um die 5 m langen Revisionselemente einzusetzen. An nur zwei Tagen bewältigte das CCC-Team in enger Zusammenarbeit mit René Mittelstädt die Inspektion und elektronische Vermessung des Haltungsverlaufs mittels der 3D-Technik der IBAK. Die Ermittlung der x,y,z-Koordinaten erfolgte sowohl während der Vorwärts- als auch während der Rückwärtsfahrten der Kamera. Jeder Durchgang lieferte unmittelbar einen realitätsgetreuen Lageplan mit Hoch- und Rechtswerten sowie Höhenangaben der Druckrohrleitung auf dem Monitor im Bedienraum. Der Kamerafahrwagen T 76 verfügt über eine elektronische Stabilitätsfunktion, die ihn bei Lageabweichungen automatisch in die Rohrsohle zurückführt. Die Kamera mit integriertem Sensor wurde stets parallel zur Rohrachse ausgerichtet, um eine präzise Messung zu gewährleisten. Um eine sehr hohe Genauigkeit zu erreichen, wurde derselbe in diesem Fall sehr lange Messabschnitt wiederholt befahren und ein Mittelwert aus den Messungen gebildet. Diese Funktion wird durch die neue IKAS evolution Softwarekomponente für die 3D-GeoSense-Verlaufsmessung von Haltungen unterstützt.



Bildunterschrift:

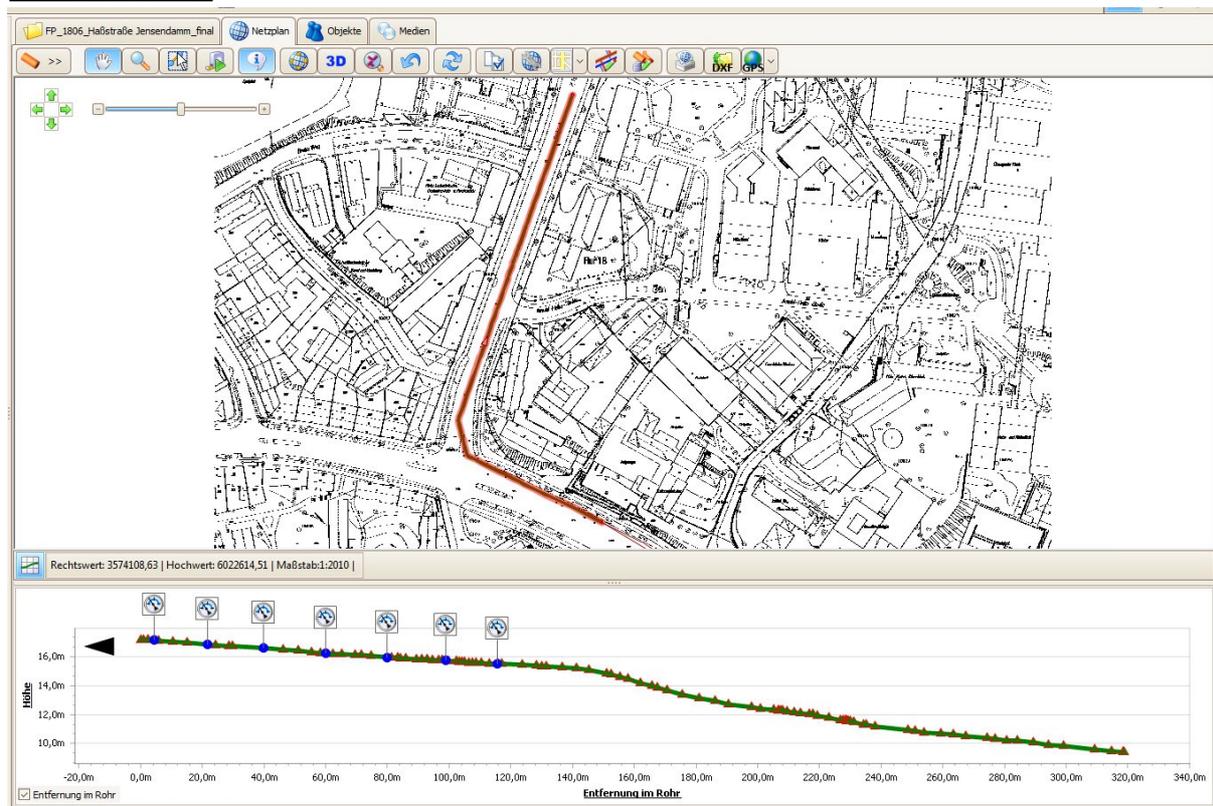
Bildschirmansicht der IKAS evolution Software.

oben: Netzplan mit 2D-Darstellung der inspizierten und vermessenen Druckrohrleitung mit einer Länge von insgesamt 917 m (in Rot dargestellt).

unten: Höhenverlauf der rot markierten Leitung. Die Dreiecke auf der grünen Linie stellen Richtungsänderungen dar, die von dem in die Kamera integrierten Sensor erfasst wurden.

Im vorliegenden Praxisprojekt wurde die Hydrostatische Höhenmessung punktuell in die Aufzeichnung des Leitungsverlaufs einbezogen. Dabei handelt es sich um eine Messmethode, die zuverlässig die Höhe von Rohrnetzen mit einer sehr hohen Genauigkeit ermittelt. Mit Hilfe eines Drucksensors wird bei diesem Verfahren die im Spülschlauch stehende Wassersäule gemessen. Zunächst erfolgte eine „Nullmessung“ auf dem Schachtdeckel, um einen Referenzdruck für alle weiteren Folgemessungen zu erhalten. Daraufhin wurde die Spüldüse unmittelbar nach dem Kamerafahrwagen, über den die Meterzählung erfolgt, eingespült. Durch die am Fahrwagen montierte Rückschaukamera IBAK RETRUS konnte die Position der Spüldüse genau kontrolliert werden. An beliebigen Punkten wurde die Spüldüse angehalten, um die Wassersäule erneut zu messen. Daraus ermittelte die IBAK-Software IKAS evolution die Druckveränderung gegenüber der „Nullmessung“ und bestimmte die Höhe der Haltung an dem Messpunkt zentimetergenau.

Bildunterschrift:



Bildschirmansicht der IKAS evolution Software.

oben: Netzplan mit 2D-Darstellung des inspizierten und vermessenen Teilabschnitts in der Feldstraße (in Rot dargestellt).

unten: Höhenverlauf der rot markierten Leitung. An den sieben blau gekennzeichneten Punkten auf der grünen Linie wurde zusätzlich ein hydrostatisches Höhenprofil aufgenommen, um die Aufzeichnung der z-Koordinate aus der 3D-GeoSense-Messung zu validieren.

Ergebnisse und Ausblick

Für die Auswertung der Messergebnisse wurden die insgesamt vier Teilstücke der Untersuchung in einem Objekt zusammengefasst. Die IBAK-Softwareentwicklung hat die Verschneidung dieser Teilstückdaten umgesetzt, um auch mit derart komplexen Echtdateien neue Erkenntnisse über den Einsatz von 3D-GeoSense zu erlangen. "Wir haben hier ein eindrucksvolles Praxisbeispiel, in dem eine sehr hohe Genauigkeit der x- und y-Koordinaten gewährleistet werden kann. Die Genauigkeit der Höhenangaben über den gesamten Rohrverlauf ist nochmals besser, und in diesem Praxiseinsatz erwiesen worden.", konstatiert

Lüdeke Graßhoff. Insgesamt wurden an die 800 Messpunkte (Haltungspunkte mit x,y,z-Koordinaten) ermittelt, sodass annähernd für jeden Meter der Haltung ein verifizierter Messwert zur Verfügung steht.

Die kontinuierliche dreidimensionale Vermessung in einem Arbeitsgang mit der Inspektion hat sich bereits für verzweigte Anschlussleitungen bei unterschiedlichsten Auftragsarten und -bedingungen bewährt. Der vorliegende Praxisfall hat die Annahme des Projektleiters Lüdeke Graßhoff bestätigt, dass die geodätisch exakte Lagevermessung auch einen wesentlichen Informationsgewinn bei Hauptleitungen leistet: "3D-GeoSense und Hydrostatische Höhenmessung eignen sich sehr gut für den Einsatz im Hauptkanal. Mit dieser Technik können nicht geradlinig verlaufende Haltungen mit einer erheblichen Effizienzverbesserung untersucht und exakt vermessen werden. Alle anderen Vermessungsmethoden bedeuten ein Vielfaches an Aufwand und erzielen ein ungenaueres Ergebnis." So hat die Hamburger Stadtentwässerung sowie die Stadtentwässerung Kiel bereits großes Interesse und Bedarf gegenüber der GEODOC GmbH und CCC geäußert. "Der Einsatz war ein voller Erfolg. Die Plandaten konnten bestätigt und durch exakte Höhenangaben ergänzt werden. Nach dem gleichen Prinzip soll nun auch die parallel verlaufene Druckrohrleitung gereinigt und inspiziert werden. Mit Hilfe der 3D-GeoSense-Rohrverlaufsmessung und der Hydrostatischen Höhenmessung soll dabei wieder der genaue Verlauf ermittelt werden.", blickt Frank Günther-Schäkel zuversichtlich auf die für das Jahr 2016 anstehende Aufgabe. Auch Projektleiter Lüdeke Graßhoff schaut zufrieden auf das Ergebnis des besonderen Einsatzes zurück: "Eines der komplexeren und der interessantesten Kanal-TV-Untersuchungen im letzten Jahr liegt gelungen hinter uns. Wir danken allen Beteiligten für die gute Zusammenarbeit."