

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79 (1961)
Heft: 38

Artikel: Tragfähigkeitsvergleiche zwischen gerammten und gebohrten Ortspfählen
Autor: Andres, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-65599>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 27.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Weniger geglückt ist der Bellevueblock. Die Vorplätze zum Theater, auch derjenige in Verbindung mit der Seepromenade, sind grosszügig gestaltet, wenn auch etwas schematisch.

Ein weiträumiges Foyer, das ebenfalls durch einen Wechsel von geraden und gerundeten Formen gekennzeichnet ist und sich in interessanter rhythmischer Folge gegen den See zu weitet, führt zum Zuschauerraum. Dieser vermittelt einen einfachen und grosszügigen Raumeindruck. Der Vorschlag für die erweiterte Bühne ist originell. Weniger überzeugend wirkt die Guckkastenbühne. Der Bühnenteil ist betrieblich zweckmässig gestaltet.

Die Raumgruppen mit Studiobühne, Garderoben, Verwaltung und Proberäumen sind im allgemeinen gut disponiert. Zwischen den verschiedenen Raum- und Betriebsgruppen ist eine klare Trennung erzielt worden. Der kubische Aufbau bringt einen klaren Gestaltungswillen zum Ausdruck, ist aber nicht ausgereift. Auch die architektonische Gestaltung vermag nicht völlig zu überzeugen.

Fortsetzung von Seite 660

eingereichten Entwürfe durch das Hochbauamt der Stadt Zürich und der allgemeinen Wettbewerbsbestimmungen mussten zwei Projekte von der Beurteilung ausgeschlossen werden, und zwar eines wegen Fehlens des Situationsplanes und ein anderes infolge verspäteter Ablieferung der kubischen Berechnung.

Die Beurteilung der Projekte, die bis 31. Januar 1961 dauerte, zeigte folgendes Ergebnis: im ersten Rundgang wurden 7 Projekte ausgeschieden, im zweiten Rundgang 23, im dritten Rundgang 30, im vierten Rundgang 21 Projekte.

Fortsetzung folgt

Tragfähigkeitsvergleiche zwischen gerammten und gebohrten Ortopfählen

DK 624.154.3

Von F. Andres, dipl. Ing., St. Gallen

Bis vor wenigen Jahren galt der gerammte Ortopfahl (z. B. Franki, Zeissl, Delta), abgesehen von ganz besonderen Fällen, als die wirtschaftlichste Methode, Pfahlgründungen auszuführen. Alle Verfahren besitzen das gemeinsame Merkmal, dass ein stählernes Vortreibrohr in den Boden gerammt wird, wobei eine vorgelagerte («verlorene») Spitze oder Fusspfropfen aus Beton dafür sorgt, dass während dem Rammvorgang das Rohr leer bleibt, das Bodenmaterial somit durch den Rohrkörper eine Verdrängung erfährt. Ist die Solltiefe erreicht, wird in das Rohr, dessen Inneres frei von Grundwasser ist, Beton und unter Umständen eine Bewehrung eingebracht und das Rohr wieder gezogen. Die Tatsache, dass der Pfahlbeton trocken eingefüllt wird, ermöglicht, durch kräftig geführte Rammschläge auf die Betonoberfläche am Fuss und an beliebigen Stellen des Schaftes Verdickungen auszutreiben.

Besonders in der Nachkriegszeit haben diese Ortopfahlsysteme und die dazugehörigen Pfahlrammen wesentliche

Verbesserungen erfahren, die sich in einer beträchtlichen Leistungssteigerung — heute Tagesleistung pro Ramme bis zu 100 m Pfahl — auswirken. Auch die früher schweren und plumpen Pfahlmaschinen sind heute durch hydraulische Schreitwerke sowie moderneren Leichtbau sehr beweglich geworden. Bild 1 zeigt z. B. das Delta-Rammgerüst G 149, das bei einer Nutzhöhe von 13 m nur noch ein Dienstgewicht von rd. 18 t besitzt.

Demgegenüber weist der klassische Bohrpfahl ähnliche Herstellungsmerkmale auf, hingegen wird nun hier das wiedergewonnene Rohr nicht unter Verdrängung des Bodens in den Untergrund eingebracht, sondern durch Bohren. Dem unten offenen Rohr wird durch mannigfaltige Bohrwerkzeuge Material entnommen und in den so entstandenen Hohlraum wird das Rohr durch Drehen oder Pressen nachgeführt. Im Grundwasser, das nun auch im Rohrrinnern ansteht, muss der Beton mittels Büchsen oder Schüttrohren beigegeben werden. Das Austreiben von Verdickungen am Fuss und Schaft ist

nicht möglich oder trotz verschiedener entwickelter Vorgehen zu mindest sehr fragwürdig.

Beiden Verfahren ist die gute Anpassungsfähigkeit der Pfahllänge an die Baugrundverhältnisse gemeinsam. Während aber der gerammte Ortopfahl infolge seiner beträchtlich grösseren Herstellungs-Geschwindigkeit und Tragfähigkeit eine dominierende Rolle spielt, konnte sich im allgemeinen der Bohrpfahl nur in Fällen durchsetzen, in welchen aus Gründen der geringen Pfahlanzahl oder der Unmöglichkeit, aus Raumgründen Rammen zu verwenden, infolge seiner relativ einfachen und wenig voluminösen Installation ein wirtschaftlicher Vorteil gegeben war.

Einige früher wenig beachtete Nachteile des gerammten Ortopfahles wurden allerdings in der jüngsten Vergangenheit immer augenscheinlicher. Das Eintreiben des Rammrohres verursacht bekanntlich erhebliche Lärm- und Erschütterungswirkungen, welche

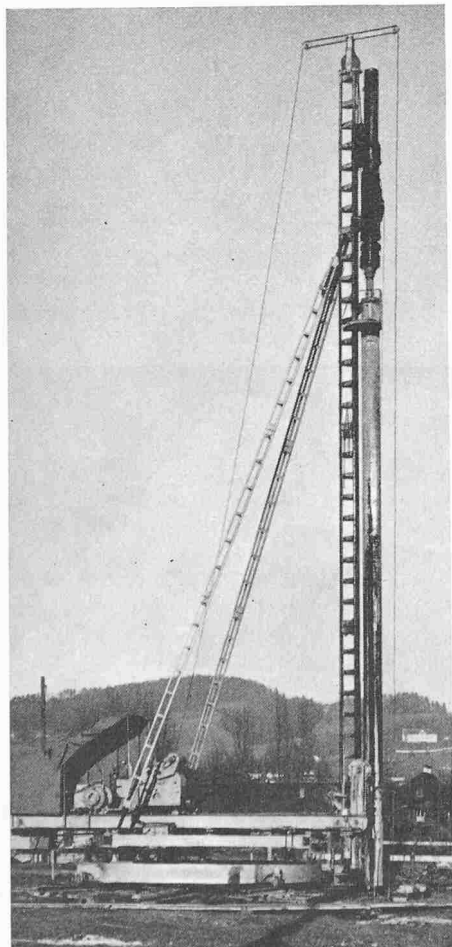


Bild 1. «Delta»-Ramme



Bild 2. «Sigma»-Pfahlbohranlage

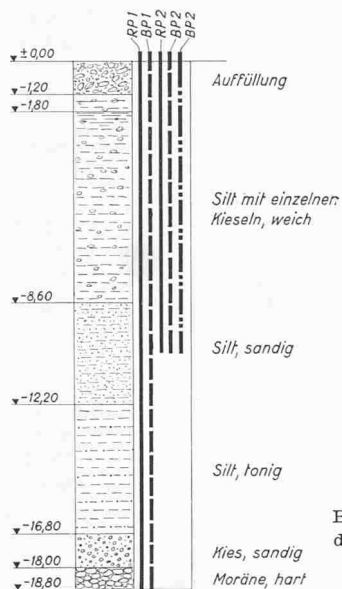


Bild 3 (links). Bodenaufschlüsse durch die fünf Probepfähle

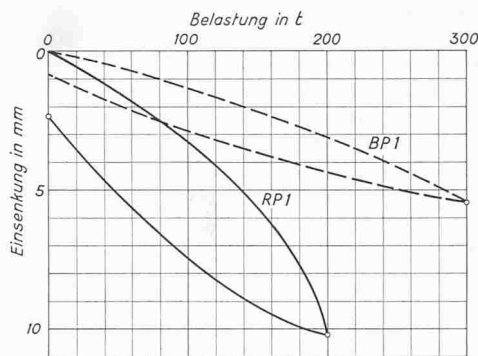


Bild 4. Versuchsgruppe I, stehende Pfähle

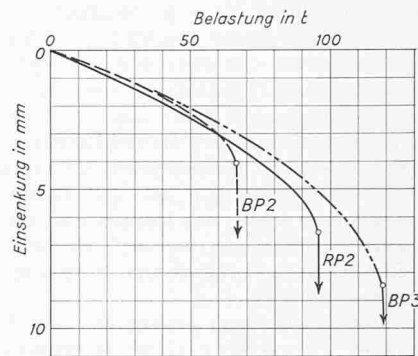


Bild 5. Versuchsgruppe II, schwimmende Pfähle

in dicht bebauten Gebieten je länger je lästiger empfunden werden. Aus dem gleichen Grunde und von Seiten der Rammenkonstruktion her ist es praktisch nicht möglich, Pfähle von über 60 cm Schaftdurchmesser auszuführen, obwohl stärkere Pfähle dem heutigen Zuge nach Erhöhung der Stockwerkzahl und Spannweiten bei Bauwerken mehr und mehr gerecht werden.

In letzter Zeit sind nun Pfahlbohrgeräte entwickelt worden, die in der Lage sind, Pfahllöcher mit einer gegenüber den früher üblichen Verfahren um ein Mehrfaches vergrösserten Schnelligkeit abzubohren. Da dem Bohrpfahl grundsätzlich die vorhin erwähnten Nachteile des gerammten Ortopfahles nicht anhaften, treten diese «modernisierten» Bohrpfähle nun als scharfe Konkurrenten neben die Rammpfahlsysteme. Allerdings muss gesagt sein, dass die hierfür benötigten Geräte ausserordentlich teuer und aufwendig sind und auf dem freien Markt gar nicht angeboten werden.

In der Erkenntnis, dass für gewisse Pfählungsprobleme der Grossbohrpfahl vermutlich die zweckmässigste Lösung darstellt, hat die Firma Dicht AG. zusammen mit einem deutschen Spezialwerk eine Pfahlbohranlage entwickelt, welche ähnlich der Benoto EDF 55 in der Lage ist, sehr wirtschaftlich Pfahllöcher bis 1200 mm \varnothing abzubohren (Bild 2). Parallel zu den gerammten Ortopfählen «Delta» gelangen diese Bohrpfähle unter der Bezeichnung «Sigma»-Pfähle zur Ausführung.

Von Herstellern bzw. Lizenzinhabern wird u. E. oft der Fehler gemacht, dass sie in Ueberschätzung ihres Pfahl-Systems dieses als universell verwendbar betrachten, obwohl es diesen «Allerweltpfahl» bis heute einfach nicht gibt. Vielmehr handelt es sich darum, entsprechend den jeweils gegebenen Bedingungen das zweckmässigste Verfahren zu wählen, soll die Pfahlgründung ein Optimum an Wirtschaftlichkeit darstellen.

Um die Möglichkeit und Grenzen der gebohrten und gerammten Ortopfähle, insbesondere der Systeme «Delta» und «Sigma» gegeneinander etwas abzuklären, gelangte im Frühjahr 1961 eine Reihe von Belastungsproben an Versuchspfählen zur Durchführung. Vorerst wurde der Untergrund des Versuchsgeländes durch eine Perkussionsbohrung \varnothing 165 mm erschlossen unter Entnahme von ungestörten Bodenproben, deren Untersuchung im Erdbaulabor die nötigen Kennziffern vermittelte, um die Pfahltragfähigkeiten auch nach statischen Formeln zu berechnen (Bild 3).

Insgesamt wurden fünf Probepfähle ausgeführt, nämlich: ein Rammpfahl stehend mit Fusszwiebel in der Moräne (RP 1), ein Rammpfahl schwimmend mit Fusszwiebel in rd. 10 m Tiefe (RP 2), ein Bohrpfahl stehend mit Fuss in der Moräne (BP 1), ein Bohrpfahl schwimmend mit Fuss in rd. 10 m Tiefe, Schaft glatt (BP 2), ein Bohrpfahl schwimmend mit Fuss in rd. 10 m Tiefe, Schaft rau (BP 3). Rohrdurch-

messer aussen: Rammpfahl 420 mm, Bohrpfahl 900 mm. Die Belastung erfolgte mit einer hydraulischen Presse, wobei als Gegengewicht ein Kiesbehälter diente. Die Einsenkung wurde durch zwei diametral am Pfahlkopf angebrachte Stoppani-Messuhren auf $1/100$ mm gemessen und durch Nivellement kontrolliert. Die sehr aufschlussreichen Resultate sind in den Bildern 4 und 5 wiedergegeben und zwar der besseren Uebersicht halber nur das Belastungs-Senkungs-Diagramm und davon nur der erste Belastungs- und Entlastungsast. Die zahlreichen Messpunkte sind dabei nicht aufgetragen, sondern nur die ihnen angeglichenen Kurven.

Bild 4 zeigt das Belastungs-Senkungsdiagramm der beiden bis in die Grundmoräne geführten, also stehenden Pfähle. Dass dabei der einen doppelt so grossen Durchmesser (900 mm) aufweisende Sigma-Pfahl gegenüber dem Delta-Pfahl (rd. 450 mm, verlorene Spitze \varnothing 480 mm) bedeutend weniger Einsenkung aufweist, mag auf den ersten Blick als normal gelten. Bedenkt man aber, dass der Delta-Pfahl mit seiner ausgetriebenen Fusszwiebel gegenüber dem Sigma-Pfahl, der praktisch keine Fussverdickung besitzt, ungefähr die selbe Aufstandsfläche aufweist, so erscheint diese Divergenz — trotz grösseren elastischen Deformationen des Delta-Pfahles — nicht richtig erklärlich, um so mehr die grössere, glatte Schaftoberfläche des Sigma-Pfahles nicht viel zur Tragfähigkeitserhöhung beisteuert, was aus dem nachfolgend beschriebenen weiteren Versuch hervorgeht. Auf jeden Fall erhärtet dieser Versuch die anderweitig stets gemachte Feststellung, dass Bohrpfähle, sofern sie auf harte Unterlagen gestellt werden, ganz beträchtliche Lasten auch ohne Fusszwiebel zu übertragen vermögen.

In Bild 5 sind die selben Diagramme für die drei schwimmend ausgeführten Versuchspfähle dargestellt. Nach Rammformel (Stern) sollte die Bruchlast des Delta-Pfahles (RP 2) bei 135 t liegen, nach der statischen Formel von Caquot-Kérisel auf Grund der Bodenkennziffern nur bei 25 bis 55 t. Das plastische Versinken trat bei 96 t unter einer Einsenkung von rd. 6,5 mm auf, während dem gegenüber der glatte Bohrpfahl (BP 2) diesen Zustand schon bei 67 t und 4 mm und beim Bohrpfahl mit rauhem Schaft (BP 3) bei 119 t und rd. 8,5 mm Einsenkung erreicht. Die rechnerische Tragfähigkeit lag bei beiden Bohrpfählen zwischen 80 bis 135 t, je nach Annahme des Reibungsfaktors am Pfahlmantel.

Stellt man nun bei dieser Versuchsserie die selben Vergleichsüberlegungen hinsichtlich Aufstands- und Mantelfläche der beiden verschiedenen Pfahlarten an, so schneidet diesmal der gerammte Pfahl im Gegensatz zum vorhergehenden Versuch wesentlich günstiger ab, ist er doch — und dies trotz halb so grossem Durchmesser — dem Bohrpfahl mit rauher Oberfläche praktisch ebenbürtig, wobei theoretisch infolge des geringen «Winkels der inneren Reibung» des Materials in Tiefe der Pfahlfüsse der Anteil Spitzenwiderstand klein bleibt. Der Versuch zeigt aber auch, dass beim schwimmenden Bohrpfahl ein rauher Pfahlschaft wesentlich zur Standfestigkeit beiträgt. Eine solche Schaftoberfläche lässt sich bei den Sigma-Pfählen durch die hydraulische Verrohrungsmaschine an der Pfahlbohranlage in gewissen Grenzen leicht erreichen. Im weiteren gilt aber auch

die Feststellung, dass in bindigen, feinkörnigen Böden, sofern diese auf Rammerschütterungen nicht strukturempfindlich reagieren, der gerammte Ortpfahl schwimmend überraschend hohe Tragfähigkeitswerte erreichen kann, welche sich — wenn auch mehr oder weniger entgegen der Theorie — vermutlich nur mit Verdichtungswirkungen des den Pfahlfuss und -schaft umgebenden Materials erklären lassen.

Selbstverständlich ist der Rahmen der beschriebenen Versuche zu klein, um hieraus nun allgemein gültige Regeln abzuleiten, hingegen waren doch die Untergrundverhältnisse bezüglich Schichtaufbau und Bodeneigenschaft so, wie sie oft anzutreffen sind.

Jedenfalls kann gesagt werden, dass der mit modernen Geräten hergestellte Gross-Bohrpfahl wirtschaftlicher ist, wenn er als stehender Pfahl Verwendung findet. Andererseits wäre es eine Unterschätzung der Anwendungsmöglichkeit des gerammten Ortpfahles, diese nur in stehenden Pfahlfundationen zu sehen. Schwimmende Pfahlgründungen solcher Art verlangen selbstverständlich eingehende Voruntersuchungen des Untergrundes, verbunden mit genügend lange dauernden Probelastungen an Versuchspfählen. Ganz allgemein sollte als Regel gelten, den Untergrund durch Sondierungen aufzuschliessen, bevor man sich auf eine bestimmte Pfahlart festlegt.

Adresse des Verfassers: F. Andres, dipl. Ing. ETH, Leiter der Firma Dicht AG, St. Gallen und Luzern, St. Gallen, Rosenbergstr. 76

Einweihung der Bergeller Kraftwerke

DK 621.29

Am 5. September 1961 konnte die Stadt Zürich nach sechsjähriger Bauzeit ihre neue Kraftwerkgruppe im Bergell einweihen, nachdem der Betrieb teilweise bereits im Sommer 1959 aufgenommen worden war (Projektbeschreibung siehe SBZ 1954, H. 43, S. 621). Der Bedeutung des Werkes für die Energieversorgung der Stadt Zürich entsprechend (260 Mio kWh Winter- und 190 Mio kWh Sommerenergie) waren die städtischen Behörden mit beinahe dem gesamten Stadtrat sowie einer stattlichen Gemeinderatsdelegation vertreten. Der Kanton Graubünden entsandte verschiedene Regierungsräte und die Bundesbehörden hohe Beamte. Selbstverständlich waren auch die Behörden der Talschaft Bergell und der Konzessionsgemeinden anwesend.

Der Einweihungsakt begann mit dem Besuch der festlich geschmückten Kraftwerkanlagen, die einen tadellosen Eindruck machen. Eine luftige Seilbahnfahrt führte zum einzigartigen Stausee Albigna hinauf, der durch eine der grössten Gewichtsmauern der Schweiz (115 m Höhe, rund 1 Mio m³ Betonkubatur) gebildet wird und nun beinahe ganz gefüllt ist. Eine vorzügliche Organisation brachte es fertig, der grossen Teilnehmerschar von über 300 Personen den Besuch dieses Kernstückes der Bergeller Kraftwerke und der beiden Zentralen in Löbbia und Castasegna zu ermöglichen. Am Eingang zur Kavernenzentrale Castasegna überrascht die gute Einfügung der schön und unaufdringlich gestalteten Siedlung für das Kraftwerkpersonal in den wundervollen Kastanienhain. Im Bau sind noch die beiden Nebenkraftwerke Maroz und Bondasca.

Die Feierlichkeiten nahmen ihren Fortgang im Speisesaal des Hotels Kulm in St. Moritz, was insofern erwähnt werden darf, als dieser Ort mit den Anfängen der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft besonders verbunden ist: Vor rund 80 Jahren wurde nämlich in diesem Saal die erste elektrische Beleuchtung der Schweiz installiert, für welche Wasserkraft als Energiequelle diente. Die Tischreden der prominenten Vertreter der Bauherrschaft, des Gastkantons und der Bergeller standen vor allem im Zeichen der grossen Befriedigung über das wohlgeungene Werk und der Freundschaft zwischen der Stadt Zürich und dem Bergell. Dank gebührt allen Beteiligten, die am Zustandekommen des grossen Werkes mitgewirkt haben, allen voran alt Stadtrat J. Baumann, Stadtrat W. Thomann, Dr. W. Pfister, Oberingenieur W. Zingg, Direktor H. Frymann und Oberingenieur H. Bertschinger, die

alle als Vertreter des Bauherrn an massgebender Stelle mitgewirkt haben. Auf der Seite der Bergeller war vor allem Landammann G. Maurizio ein langjähriger Förderer des Kraftwerkbaues in diesem exzentrisch liegenden Bündnertal. Es war auch zu vernehmen, dass der Kredit von 175 Mio Fr., den das Zürcher Volk im Herbst 1954 bewilligt hatte, nicht überschritten wurde. Das Bergell feierte diesen Beitrag zur wirtschaftlichen Konsolidierung und zur Bändigung seiner Wildbäche bekanntlich seinerzeit mit Glockengeläute. Der Kraftwerkbau hat denn auch die Hoffnungen nicht nur des Bauherrn, sondern auch der abgelegenen Talschaft weitgehend erfüllt, wenn auch noch grosse Probleme im Bergell zu lösen bleiben, denken wir nur an die Bändigung einzelner noch ungezügelter Wildbäche.

Erwähnt sei auch das reichhaltige Sonderheft der Zeitschrift «Terra Grischuna» (Redaktion Chr. Walther, Bleicherweg 37, Zürich), das nebst gut illustrierten Aufsätzen der Ingenieure auch ansprechende Beiträge von Politikern, Wirtschaftlern und Historikern enthält.

R. Heierli

Versuche zur Verschiffung von Erdgas

DK 662.69:656.61

Zur Versorgung von England mit Erdgas aus den USA hatte der British Gas Council in Zusammenarbeit mit der Constock International Methane Ltd. ein Entwicklungsprogramm in Auftrag gegeben, das die Durchführung von Schiffstransporten und die Schaffung der dazu nötigen Einrichtungen zum Inhalt hatte. Hierüber berichtet E. Currier, Deputy Chairman of North Eastern Gas Board, Leeds, in «Das Gas- und Wasserfach» 102 (1961), H. 35, S. 959.

Um den Transport in flüssigem Zustand und unter Atmosphärendruck durchführen zu können, ist das Gas zu verflüssigen, wozu eine Abkühlung unter -162°C erforderlich ist. Die Verflüssigungsanlage wurde für eine Leistungsfähigkeit von 185 000 m³/Tag ausgelegt und auf einem Lastkahn eingerichtet, der am Ufer des Calcasieu-Flusses, südlich von Lake Charles in Louisiana USA, stationiert war. Die zum Antrieb nötige Energie lieferte eine Dampfturbinenanlage. Vor der Verflüssigung werden das Kohlendioxyd und die Schwefelverbindungen mit Hilfe einer Monoäthanolaminwäsche entfernt. Weiter wird das Gas getrocknet. Aethan, Propan und Butan bleiben im Gas, da sie dessen Qualität verbessern. Zum Lagern des flüssigen Methans dient ein doppelwandiger Behälter von 5500 m³ (20,4 m Durchmesser und 17,1 m Höhe).

Für den Transport wurde ein Frachtschiff von 3000 t mit Dieselantrieb angekauft, das 104 m lang und 15 m breit ist und mit maximal 11 Knoten fährt. Der Boden und die Seitenwände der beiden grossen Laderäume erhielten eine 30 cm starke Isolierung aus Balsa-Holz, die obere Abdeckung und die Verstrebenungen eine solche aus Glasfasern. In diese Räume baute man fünf Behälter aus geschweisstem Aluminiumblech ein, die sich frei dehnen können und durch die Formänderungen des Schiffes in keiner Weise beeinflusst werden. Der Raum zwischen den Behältern erhielt eine Stickstofffüllung, so dass sich kein explosives Gemisch bilden kann, wenn je Methan einmal austreten sollte. Alle Rohrverbindungen treten von oben in die Behälter ein und sind mittels Schutzrohren durch die Decks hindurchgeführt. Sie sowie die Armaturen bestehen aus Sonderstahl für tiefe Temperaturen. Jeder Behälter erhielt eine Tauchpumpe, die ihn in zehn Stunden zu entleeren vermag. Hinzu kommt eine Ausblaspumpe, die mit verdichtetem Gas betrieben wird und zum Entfernen der Restgase sowie als Reservepumpe dient. Zum Ueberführen des verflüssigten Gases nach den Anlagen am Ufer stehen zwei Kreispumpen zur Verfügung.

Das Schiff «Methane Pioneer» lief erstmals am 31. Januar 1959 mit einer Ladung von 2200 t flüssigem Methan aus und erreichte trotz rauher See ohne Schwierigkeiten am 27. Februar die Canvey-Insel in der Themsemündung. Beladen und Löschen der ersten Ladung nahm man sehr langsam vor, um schroffe Temperaturänderungen zu vermeiden und alle Vorgänge genau verfolgen zu können. Das infolge