Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 45

Artikel: Kontrollbohrungen in Betonpfählen
Autor: Andres, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72042

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: 13.01.2026

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

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

Kontrollbohrungen in Betonpfählen

DK 624.154

Von **F. Andres**, St. Gallen

Es soll gezeigt werden, dass der oft spontan entstandene Wunsch mancher Bauleitung «zur Sicherheit noch schnell einen Pfahl anzubohren» in seiner Verwirklichung mit gewissen Tücken behaftet ist und, sind die Voraussetzungen ungünstig, oft mehr Zweifel schafft als beseitigt. Der Wert dieser Methode soll dadurch nicht herabgemindert, aber auf die ihr zukommende Stelle gerückt und auf die unerlässlichen Voraussetzungen hingewiesen werden, denen zum Gelingen entscheidende Bedeutung zukommt.

1. Allgemeines

Die Methode, für einen Gründungspfahl den Tragfähigkeitsnachweis auf rechnerischem Wege zu erbringen, gilt heute immer noch als unsicher. Es sind nicht nur die verschiedenen «Rammformeln», denen aus durchaus verständlichen Gründen Misstrauen entgegengebracht wird, sondern auch alle Ansätze, welche unter Verwendung von Bodenkennziffern und Pfahlgeometrie Bruchlasten liefern. Es überrascht deshalb nicht, dass in gewissen ausländischen Fachnormen [1] dieses Vorgehen als unzulässig ausgeklammert wird. Um die Frage des Tragverhaltens eines Pfahles zu beantworten, bietet sich als einziger zuverlässiger Weg nur die Belastungsprobe an.

Die Belastung eines Versuchspfahles erfordert – sollen verlässliche Ergebnisse erhalten werden – einen Zeitaufwand von mehreren Wochen bis Monaten. Zudem ist die Sache nicht gerade billig, wobei der Preis sehr stark von der Höhe der maximalen Prüflast abhängt. Seit nun die Industrie Geräte entwickelt hat, welche Pfähle von über 1 m Durchmesser wirtschaftlich erzeugen können und die Tragfähigkeit eines Einzelpfahles sich der 1000-t-Grenze nähert, ist die Prüfung eines solchen Brockens auf die doppelte Nennlast eine recht kostspielige Angelegenheit geworden. Dass man gerade bei grosskalibrigen Bohrpfählen versucht war, mit andern, billigeren Mitteln einen Ersatz für die Belastungsprobe zu finden, überrascht deshalb nicht. Man glaubt diesen in der Form von längs des Pfahlschaftes abgeteuften Probebohrungen gefunden zu haben.

Die Verbreitung von Bohrpfählen besonders grösseren Durchmessers in den letzten Jahren hat dazu geführt, dass für solche Bohrungen eine vermehrte Nachfrage entstand. Leider sind sich – und dies zeigen die bisher erworbenen Erfahrungen deutlich – sowohl Bauleitungen wie auch ausführende Unternehmen oft nicht genügend klar gewesen, wo die vom üblichen abweichenden Schwierigkeiten solcher Arbeiten bestehen, und es wurden – abgestellt auf die Bohrergebnisse – in einzelnen Fällen schon Entscheide getroffen, welche nachweisbar falsch waren. Es liegt zudem in der Natur der Sache, dass solche Entscheide zumeist von erheblichen Kostenfolgen begleitet sind. Die anschliessenden Darlegungen entstanden aus dem Bedürfnis heraus, unter Erfahrungsauswertung einer grösseren Zahl solcher zur Hauptsache an Bohrpfählen ausgeführten Bohrungen auf Grenzen und Problematik dieser Methode hinzuweisen.

2. Kerngewinnung

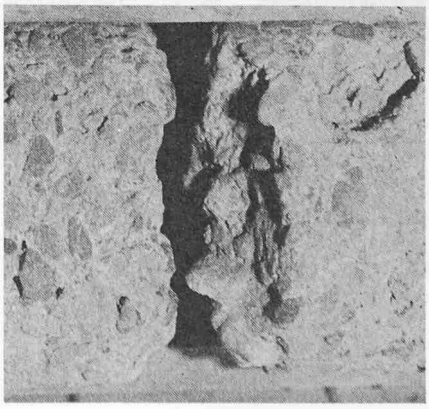
Von diesen Bohrungen wird sicher erwartet, dass sie eine lückenlose Kerngewinnung auf der ganzen Schaftlänge und normalerweise über den Pfahlfuss hinaus in das anstehende Bodenmaterial erbringen, wobei die Kerne im Gefüge die tatsächlich vorhandenen Verhältnisse genau wiedergeben sollen. Dies erlaubt in einfachen Fällen, mit einiger Sicherheit Aussagen über das Tragverhalten des untersuchten Pfahles zu machen.

In einem qualitativ hochwertigen Beton ist das Kernen mit verhältnismässig bescheidenem technischem Aufwand und Können möglich, und es ist eigentlich nur eine Frage der Kronenschneidfähigkeit. Bei schlechtem Beton hingegen ist dies nicht mehr der Fall. Allzuoft wird übersehen, dass gerade beim Bohrpfahl durch die Art des Einbringens des Betons (Einschütten, Unterwasserbeton, Verschmutzung)

Bild 1. Beton PC 300, im üblichen Schüttverfahren eingebracht. Man beachte die vielen Lufteinschlüsse und Poren

Bild 2. Beton-Bohrkern. Bindemittel und Feinanteile durch Spülwasser oberflächlich ausgewaschen

Bild 3. Durch unzweckmässiges Vorgehen beim Bohren abgedrehte und teilweise zerstörte Kerne



auch bei Überdosierung mit Zement nur Betonqualitäten zu erreichen sind, welche einem BN entsprechen, was bei den für Pfähle üblichen, typisch geringen Spannungen ($\sigma_s \leq 50$ kg/cm²) im Schaft auch völlig genügt (Bild 1).

Aus solchem Beton, der allenfalls noch ausgewaschene Zonen enthält, repräsentative Kerne zu gewinnen, verlangt neben einer verfeinerten technischen Ausrüstung erfahrenes Personal. Es lässt sich – vielleicht etwas übertrieben – sagen, dass in diesem Material durch entsprechendes Vorgehen jede Kernqualität zu erbohren sei, womit eine mögliche Fragwürdigkeit dieses Verfahrens schon angetönt ist: Ein nicht eben erfreuliches Kernbild braucht durchaus nicht immer zu Lasten der Pfählungsfirma zu gehen.

Das Herausschneiden eines Kernes mit normalem Bohrwerkzeug, also einem Einfachkernrohr mit Krone Typ A oder B, beansprucht den Kern neben der Zerspanungsarbeit in zweifacher Hinsicht: Zum einen ist es das Spülwasser, welches im Beton zur Kühlung der Krone und der Abfuhr des Bodenschmandes unbedingt nötig ist und dauernd im Ringspalt zwischen Kern und Kernrohr unter hohem Druck zirkuliert. Diese Zirkulation, für gesunden Beton völlig belanglos, verursacht besonders bei verunreinigtem Beton oberflächliche Auswaschungen (Bild 2) und kann, zusammen mit den nachher beschriebenen, mechanischen Beanspruchungen der Kernoberfläche zu einem Zerfall des Kerngefüges führen, trotzdem die Bindung der Zuschlagstoffe im Pfahl selbst noch annehmbare Druckfestigkeiten ergäben. Zum andern besteht eine nicht zu unterschätzende mechanische Beaufschlagung der Kernoberfläche durch das rotierende Kernrohr, wobei vom feststehenden Kern dauernd Stücke abgedreht werden. Diese Proben, in der Kiste ausgelegt, vermitteln den Eindruck, als wäre der Beton stark geschichtet und sogar unterbrochen (Bild 3). Glücklicherweise ist es nun möglich, durch die Verwendung von sog. «Doppelkernrohren» die beiden unerwünschten Einflüsse weitgehend auszuschalten. Es würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen, hier den technischen Aufbau und die Wirkungsweise des Doppelkernrohres zu beschreiben. Es ist solches schon in der SBZ geschehen [2], wobei sich die gezeigten amerikanischen Modelle von den in der Schweiz üblicherweise verwendeten T- und K-Typen «Craelius» nur

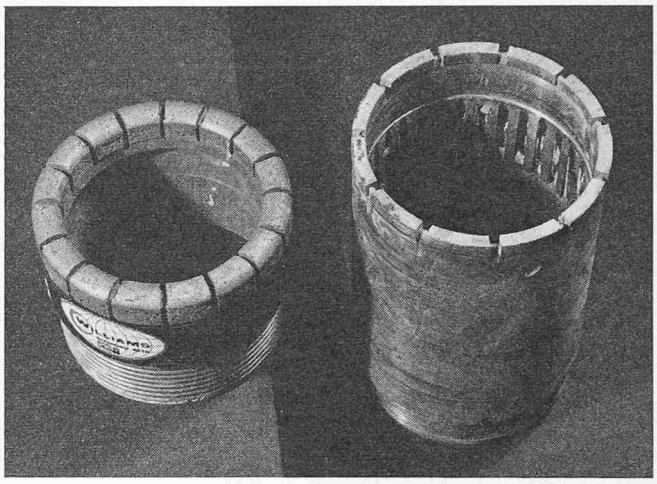


Bild 6. Diamantkronen, links Typ K für Doppelkernrohr, rechts Typ B für einfaches Kernrohr

gering unterscheiden. Jedenfalls wird man nicht darauf verzichten können, für Pfahlbohrungen nur solche Kernrohre zu benützen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich auf diese Weise aus einem Beton BN (Würfeldruckfestigkeit $\beta_{w28} = 200$ kg/cm²) meterlange Betonstangen herausbohren lassen (Bild 4). Sind nur kurze Kernstücke vorhanden (Bild 5), ist dies meist ein zuverlässiges Indiz, dass Qualitätsmängel vorhanden sind oder aber der Betoniervorgang nicht sachgemäss ablief.

Ein Nachteil haftet den Doppelkernrohren allerdings an: die Lippe der Krone muss erheblich breiter sein als beim üblicherweise verwendeten Einfachkernrohr vom Typ A oder B (Bild 6). Dadurch fällt mehr Zuspanungsarbeit an, die den Bohrfortschritt bremst und den Bohrmeterpreis verteuert. Zudem ist aus demselben Grunde ein höherer Bohrdruck erforderlich, der die Richtungsstabilität ungünstig beeinflusst, worüber noch zu sprechen sein wird.

Auch in Fachkreisen ist man sich noch nicht ganz einig über das zu verwendende Kronenmaterial. Besser (und leider auch teurer) sind im Sinter-Verfahren hergestellte Diamant-

Bild 4. 3 m langer Bohrkern aus einem Betonpfahl

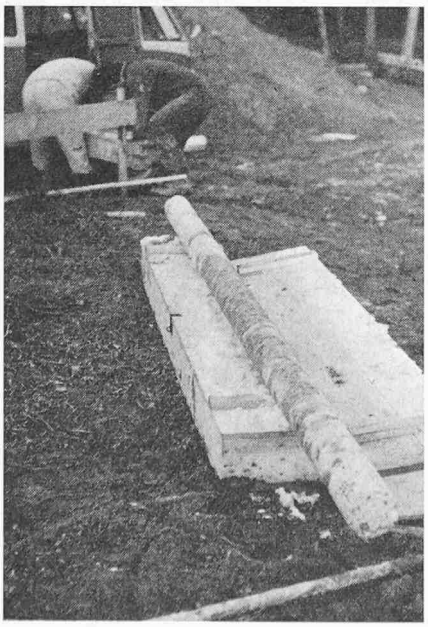


Bild 5. Ungünstiges Kernbild: Fragwürdige Betonqualität, Schichtung des Betons

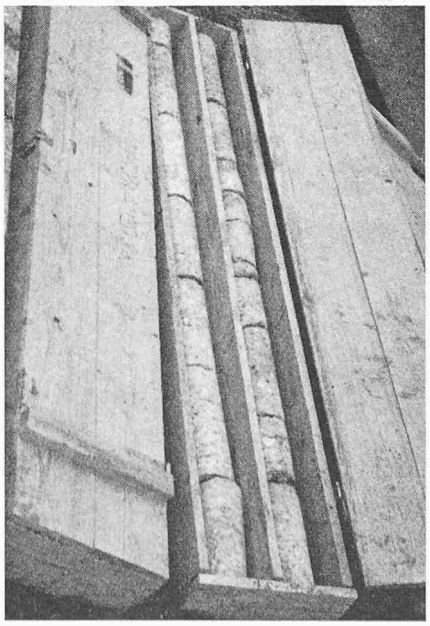
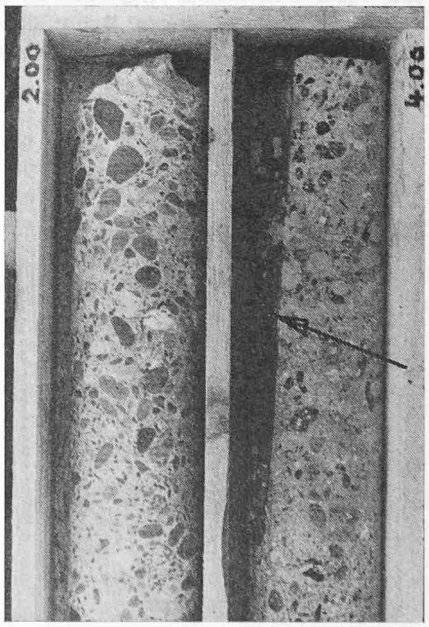


Bild 7. Wegen zur starker Schräglage des Pfahles abgelaufene Bohrung. Der Pfeil weist auf die Austrittsstelle hin



kronen, und man tut gut daran, auch in Zweifelsfällen zu dieser Krone zu greifen. Ist der Zuschlagstoff nicht allzu hart, zeigen auch mit Hartmetallprismen bestückte Kronen – werden diese stets nachgeschliffen – gute Ergebnisse. Es hängt hier viel vom Können des Bohrmeisters ab, besonders auch beim Anfahren von sehr porösen oder ausgewaschenen Stellen, in welchen die viel schlagempfindlicheren Diamantkronen in Sekundenschnelle brechen können und die sich in extremen Fällen nur durch Stabilisierung des Gefüges durch örtliche Injektion kernen lassen.

Es sei hier noch auf Versuchsbohrungen hingewiesen, die von der Bauleitung Sihlhochstrasse Zürich in einem eigens hiefür erstellten, grossen Betonkörper veranlasst wurden, der Schichten von Beton mit verschiedenen Zementmengen enthielt. Auch hier liess sich erkennen, dass für gute Ergebnisse das technisch richtige Vorgehen im beschriebenen Sinne entscheidend ist, viel mehr als etwa ein grosser Bohrdurchmesser.

Auch wenn das Problem der Kerngewinnung als durchaus lösbar gilt, ist der Erfolg des Verfahrens noch keineswegs gesichert.

3. Verlauf der Bohrachse

Die Aufgabe, wie eine Bohrung möglichst richtungsgetreu zu halten sei, nimmt in der Literatur über Tiefbohrtechnik stets einigen Raum ein [3]. Bezogen auf unsere Verhältnisse und den Sektor Kernbohrungen war sie zumeist im Zusammenhang mit Pendelloten in Staumauern und Verbindungsbohrungen zwischen unterirdischen Anlagen zu lösen.

Die halbempirische Formel von *Liban-Lubinski* [4]

$$R = \frac{A\,L^{1,5}\,D\,\beta}{(D-d)^2\,\alpha^2}$$

R [m] Radius der minimal möglichen Bohrlochkrümmung

L [m] Länge des Kernrohres

D [m] Ausserer Schneiddurchmesser der Bohrkrone

d [m$^{1/2}$] Durchmesser des Kernrohres

A [m] Durchmesserverhältnis Bohrgestänge/Kernrohr $\cdot \sqrt{\text{Kernrohrlänge}}$

α [dimensionslos] Drehzahlbeiwert

β [dimensionslos] Beiwert für den spez. Bohrdruck

(Die Beiwerte α und β hängen von verschiedenen Faktoren ab und sind nach Tabellen zu bestimmen.)

welche für den isotropen Halbraum unter Vernachlässigung des Gewichtes den kleinsten Krümmungsradius R als Funktion von Kernrohrlänge, Bohrdurchmesser, Überschnitt, Drehzahl usw. darstellt, ergibt bis etwa 40 m Bohrtiefe eine Abweichmöglichkeit von rd. 2%. Verläuft die Bohrung senkrecht, kommt die Gewichtskomponente als stabilisierender Einfluss hinzu, so dass üblicherweise für die erwähnte Tiefe 1% Abweichung nicht überschritten wird. Bedingung ist zudem allerdings, dass mit einer schweren, stationären und möglichst verankerten Kernbohrmaschine gebohrt wird unter Verwendung von steifen Gestängen und Kernrohren von mindestens 3 m Länge. Fahrbare Geräte eignen sich hiezu deshalb weniger gut. Zusätzliche Auslenkungen können durch schlechte Schichten oder Qualitäts unterschiede im gebohrten Beton entstehen.

Nun darf man nicht vergessen, dass auch Lage und Richtung der Pfähle nicht genau bekannt sind, müssen doch üblicherweise Abweichungen von 10 cm im Ansatzpunkt und Achsabweichungen von 2% toleriert werden. Alle diese Fehler können sich ohne weiteres kumulieren, und eine einfache Überschlagsrechnung lässt erkennen, dass bei Pfahldurchmessern kleiner als 1,0 m ein Austritt der Bohrung aus dem Schaft oder zumindest ein tangentialer Verlauf nach 10 m Tiefe durchaus möglich ist!

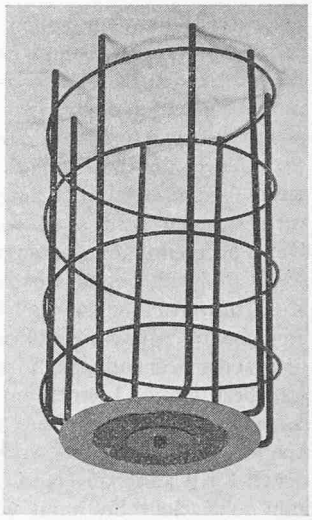


Bild 8. Spion in Form von Aluminiumblechen am Fuss des Bewehrungskorbes befestigt

Bei vorfabrizierten oder bei Hülsenpfählen ist ein Austritt der Bohrung deutlich zu erkennen (Bild 7), was für Ortsbetonpfähle nicht mehr gilt. Diese Pfahlart besitzt eine unregelmässige, oft wulstige Oberfläche, und in der Randzone weist der Beton mehr oder weniger erkennbare Einschlüsse auf, die vom umgebenden Boden stammen. Jede Bauleitung wird beim Anblick einer Kernkiste, welche über lange Strecken saubere Betonproben enthält, und die nach unten in schlechter werdende Kerne und schliesslich in ein Gemengsel aus Sand und Betonbrocken übergehen, in Alarmstimmung kommen und dem völlig konsternierten Vertreter der Pfahlunternehmung diesen «Beweis» präsentieren. Ist der Pfahl über die ganze Schaftlänge bewehrt, ist mit etwas Glück durch das Antreffen von Resten der Längsbewehrung in den Kernen das Ablaufen der Bohrung zu erkennen. Leider wird gerade bei grosskalibrigen Bohrpfählen eine Schaftbewehrung im unteren Teil statisch meist unnötig und deshalb weggelassen. Da sich die gegenseitige Lage von Pfahl- und Bohrachse nicht ermitteln lässt, verbleibt zur Klärung der recht ungemütlichen Situation nur das Mittel der Probebelastung, da auch allfällige weitere Probebohrungen in demselben Pfahl, fallen sie nun aus, wie sie wollen, die

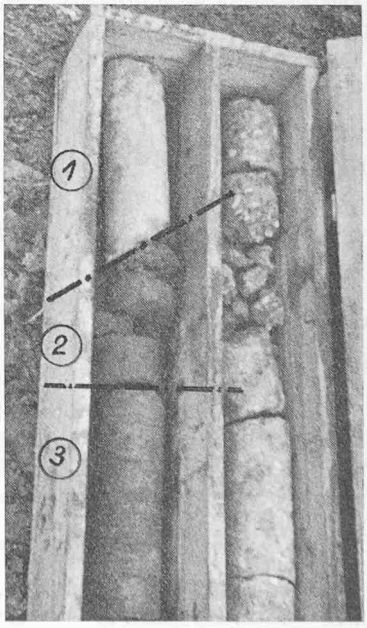


Bild 9. Kernbild beim Austritt der Bohrung aus dem Pfahlfuss

Zone 1: Pfahlbeton (unteres Ende)

Zone 2: Gestörtes, teilweise ungestörtes Moränenmaterial

Zone 3: Sandsteinfels. Der Pfahl hätte darin eingebunden sein sollen

Zweifel am intakten vollen Querschnitt nicht auszuräumen vermögen. Das Anbohren von unbewehrten Pfählen, wenn sie ein Längen/Durchmesser-Verhältnis von $N > 15$ besitzen, ist deshalb wenig sinnvoll, kann bestenfalls doch nur ein positiver Beweis erbracht werden.

Der räumliche Verlauf einer Bohrachse lässt sich für Kern- wie für Pfahlbohrungen genau vermessen. Bohrlochvermessungen sind aber eher kompliziert und aufwendig. Die Vorbereitungen dazu verlangen es, dass der zu vermessende Pfahl zu beginn der Arbeiten festgelegt wird, was den Kontrollwert einer solchen Messung vermindert. Zudem nützt eine genau vermessene Bohrachse wenig, wenn die Pfahlachse nicht entsprechend genau bekannt ist. Für die gegenseitige Lagebestimmung können am Pfahlfuss sowie allenfalls in verschiedenen Tiefen «Spione» einbetoniert werden. Diese bestehen aus verschieden grossen Kreisscheiben (Bild 8). Im gewonnenen Kern kann an Hand der herausgebohrten Scheibchenzahl sehr leicht bestimmt werden, wo die Bohrachse – wie der Schuss in einer Scheibe – sitzt.

4. Schlussbemerkungen

Oft wird auch die Frage aufgeworfen, ob die Kontrollbohrung über den Pfahlfuss hinauszugehen habe. Im Normalfall ist dies sicher wünschenswert, vermittelt eine Kerngewinnung im Fussbereich doch für die Beurteilung des Tragverhaltens wichtige Anhaltspunkte, besonders auch, ob die Bohrlochsohle vom Bohrschmand gereinigt wurde. Bild 9 zeigt ein eindrückliches Beispiel, wo der schlechte Übergang Pfahlfuss/Fels durch das Kernbild belegt wird. Die Schräge beim letzten Betonkern ist übrigens für Bohrpfähle typisch, wenn die Bohrachse aussenmittig austritt.

Grundsätzlich sollten die Bohrlöcher nachher wieder geschlossen werden. Bei Pfählen, die in den Fels oder in eine harte Moräne einbinden, genügt ein Verfüllen mit Zementmilch. Stehen die Pfahlfüsse aber im Lockermaterial, ist bei der Bohrarbeit grösste Vorsicht geboten, um den Boden unter dem Pfahlfuss nicht aufzulockern. Es empfiehlt sich in einem solchen Falle, in das Bohrloch ein Injektionsrohr einzubetonieren, das am unteren Ende im Bereiche des Pfahlfusses ein Ventil besitzt. Dadurch ist es möglich, nach einer ersten Injektion von Bohrloch und Fusspartie in einer zweiten Phase, wenn der Pfahl schon teilweise belastet ist, mit höherem Druck eine Nachinjektion vorzunehmen.

Literatur

[1] DIN 4026 (D), Cabier des charges Typ 104 (Belg.)

[2] *M. Brugger:* «Amerik. Stand der Bohrtechnik», SBZ, 89. Jahrg., Heft 6, S. 121–125

[3] *G. Priekel:* «Tiefbohrtechnik», Springer, Wien 1957

[4] *Lubinski:* Drilling Derivation. «World Oil» Chicago, März/Mai 1951, S. 68–74

Adresse des Verfassers: *F. Andres,* dipl. Ing., Kesselhaldenstrasse 61a, 9016 St. Gallen.

Das Bauxit- und Tonerdeprojekt der Alusuisse in Australien

DK 669.712:553.492

6. Teil[1]): Energieverteilung und Fernmeldung

Von **Hansjörg Nüesch,** Zürich

1. Energieverteilung

1.1 Einleitung

Die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie ist dadurch charakterisiert, dass im reinen Inselbetrieb gefahren wird, und neben einem Industrieunternehmen auch eine Stadt und die ganze Infrastruktur versorgt werden muss. Da Da die Verbraucher in ihrer Natur sehr verschiedenartig und bis zu 25 km von der Energiequelle entfernt sind, findet man alle Elemente eines grossen Verteilsystems in verkleinertem Massstabe wieder. Bild 1 vermittelt einen Eindruck über die Distanzen zwischen den Versorgungsgebieten. Die Anschlussleistungen der wichtigsten Verbrauchergruppen sind:

Stadt	7 MW
Siedlungen	4 MW
Wasserversorgung	0,8 MW
Mine und Förderbänder zur Bauxithalde	4,5 MW
Bauxit- und Tonerde-Exportsystem	2,5 MW
Tonerdewerk mit Hilfsbetrieben	35 MW

Tabelle 1 gibt zusammenfassend Auskunft über den Gesamtumfang der Elektroinstallationen.

Bei der Betrachtung dieser Zahlen muss berücksichtigt werden, dass für wichtige Antriebe jeweils vollwertige Reserven installiert sind und dass auch in den meisten Umspannstationen eine gewisse Reserve an Transformatorenleistung vorhanden ist.

[1]) Fortsetzung von H. 45 und 51/1972, S. 1143–1151 bzw. 1327–1333 sowie H. 2, 24 und 27/1973, S. 21–28, 582–588 und 668–679.

Der vorliegende Aufsatz geht hauptsächlich auf die Verteilung in der Tonerdefabrik ein, berichtet aber auch zusammenfassend über die werksexterne Verteilung sowie über die Baustromversorgung.

1.2 Die Aufgabenstellung

Es sollte ein Verteilnetz aufgebaut werden, welches in der Lage ist, im Rahmen des Gesamtterminplanes und mit der geforderten grösstmöglichen Zuverlässigkeit alle Verbraucher mit elektrischer Energie zu versorgen. Der Terminplan verlangte, dass die Versorgungsgebiete in nachstehender Reihenfolge erschlossen werden sollten:

Siedlung Wallaby Beach
Baustrom im Werkareal (1. Teil)
Siedlung Mt. Saunders
Baustrom im Werkareal (2. Teil)
Mine
Wasserversorgung
Langstreckenförderbänder
Stadt (progressiv)
Exportsystem
Tonerdewerk

Beim Netzaufbau mussten lokale Kriterien und Bedingungen wie hohe Umgebungstemperaturen, hohe Feuchtigkeit, tropische Stürme mit Windgeschwindigkeiten bis 210 km/h, Gefahr von Buschfeuern, Termiten und salzhaltige Luft berücksichtigt werden.

1.3 Die Baustromversorgung

Das Dieselkraftwerk mit seinen fünf Einheiten von je 2750 kW bildet den Kern der eigentlichen Baustromversor-