Zeitschrift: Bauen, Wohnen, Leben
Herausgeber: Bauen, Wohnen, Leben
Band: - (1962)
Heft: 50

Artikel: Moderne Pfahlbauten : neue Verfahren für Pfahlfundationen
Autor: Bucher, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-651455

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: 09.07.2025

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

Moderne Pfahlbauten

Neue Verfahren für Pfahlfundationen

Von Oberingenieur H. Bucher, Zürich

Das Aufsetzen von Bauten auf Pfählen ist so alt wie die Menschen selbst. Bei den Naturvölkern war weniger die Qualität des Baugrundes ausschlaggebend, daß sie die Holzbauten als Pfahlbauten auf freistehende Pfähle stellten, sondern der Umstand, daß sie sich dadurch besser gegen feindliche Ueberfälle durch Tiere und gegen Ueberschwemmungen schützen konnten. Diese Bauten wurden aus Gründen einer leichteren Nahrungsversorgung, vornehmlich Fischfang, meistens wenig außerhalb der Ufer errichtet, wo mit Seespiegelschwankungen von zwei bis drei Metern gerechnet werden mußte.

Im Mittelalter, mit Zunahme der Bevölkerung und Verbesserung des Lebensstandards und dem sukzessiven Verschwinden der Raubtiere und der Ueberfallgefahr, zogen sich die Bewohner mehr und mehr vom Wasser ans Ufer zurück, wobei nach wie vor den Gebieten am Rande der Seen der Vorzug gegeben wurde. Anstelle von Holzhäusern wurden gemauerte Bauten errichtet. Diese mußten im Gebiet von Seeablagerungen wiederum auf Pfählen gestellt werden, um ein Versinken derselben im weichen Boden zu verhindern.

Es wurden damals ausschließlich *Holzpfähle* verwendet, die anfänglich mit dem Schlegel oder mit der Zwei- und Viermännerramme eingetrieben wurden. Es folgte dann die Dreibeinzugramme mit Handzug. Für 12 bis 15 Kilogramm Rammbärgewicht war ein Mann am Zug nötig. *Rammbären* von 160 bis 600 Kilogramm wurden verwendet mit einer Zugmannschaft von 10 bis 50 Mann. Die Leistung pro Mann betrug im Mittel 8 mt/h. Heute wäre eine solche Einrichtung kaum mehr denkbar.

Im Jahre 1878
kam die erste Kunstramme

mit Kettenwinde zur Anwendung. Sie wurde bald verbessert durch die *Dampframme,* bei welcher der Bär mit Dampf angehoben wird, mit Stundenleistungen von 1000 mt und mehr. Diese Rammen haben sich bis in die dreißiger Jahre des 20. Jahrhunderts behauptet. Sie wurden später ersetzt durch elektrische Freifallrammen, Dieselrammen, Preßluft-Schnellschlaghämmer und neuestens durch Vibrationshämmer.

Anfangs dieses Jahrhunderts wurde erkannt, daß sich Holzpfähle nur dort eignen, wo Gewißheit besteht, daß sie ständig unter Wasser bleiben, das heißt die Köpfe tiefer liegen als der tiefste Grundwasser- oder Seespiegel. Trifft dies nicht zu, so werden die Pfahlköpfe durch den ständigen Wechsel zwischen Wasser und Luft sehr bald durch Fäulnis zerstört. Auch der Bohrwurm ist ein großer Feind der Holzpfähle. An vielen Orten in der Schweiz wurden durch See- und Flußregulierungen und Meliorationen die Grundwasserspiegel derart gesenkt, daß früher andauernd im Wasser stehende Pfähle jetzt mit ihren Köpfen über Wasser liegen. Kostspielige Konsolidierungsarbeiten werden nötig, und morsche Pfahlköpfe müssen in der Unterfangungsbauweise abgeschnitten und durch Betonaufätze ersetzt werden.

Betonfertigpfähle

Um die Nachteile der Holzpfähle auszuschalten, wurden schon früher eiserne Rohrpfähle und vor allem Pfähle aus Beton und Eisenbeton verwendet. Letztere haben den Vorzug, nicht vom Grundwasserstand abhängig zu sein und nicht vom Bohrwurm oder Rost zerstört zu werden. Ende des vorigen Jahrhunderts wurden in Rotterdam die ersten vorfabrizierten Fertigpfähle nach dem System *Hennebique,* dem Erfinder des Eisenbetons, angefertigt.

Nach genügendem Erhärten des Betons wurden diese Pfähle unter die Ramme gestellt und mit 2000 bis 6000 Kilogramm schweren Fallbären in den Boden getrieben. Voraussetzung für die Anwendung solcher *Fertigpfähle* war die vorherige genaue Kenntnis des Baugrundes; denn nur wenn die Länge der Pfähle im voraus einigermaßen bestimmbar ist, läßt sich diese Methode anwenden. In *Schweden* sind allerdings in den letzten Jahren Systeme entwickelt worden, die ein nachträgliches Aufsetzen der Pfähle ermöglichen. Die Kosten hierfür sind relativ hoch. Solche aufgesetzten Pfähle lassen sich meistens nur in weichem, ziemlich homogenem Boden ausführen. Das Vorhandensein von verkitteten Bodenschichten und Findlingen verunmöglicht das Rammen vorfabrizierter Betonpfähle.

Ortbeton-Rammpfähle

Bei der Verwendung von Pfählen mit Stahlröhren zeigte es sich, daß es möglich ist, diese mit einer verlorenen Spitze zu versehen, wie Holzpfähle in den Boden zu rammen und nach Erreichen der notwendigen Tiefe den Hohlraum innerhalb der Röhre mit Beton zu füllen, unter gleichzeitigem Zurückziehen der Rohre. Auf diese Weise entstanden die ersten *Beton-Ortpfähle.* Bei dieser Pfahlart muß die Pfahllänge nicht im voraus festgelegt werden. Das Rammrohr wird solange in den Boden eingetrieben, bis es genügend Widerstand zur Aufnahme der späteren Pfahllast gefunden hat. Je nach Tiefe können dem Rammrohr zusätzliche Rohrschüsse aufgesetzt werden. In der Schweiz sind die Systeme *Franki, Expreß* und *MV* die ältesten und bekanntesten. Ihre Ausführung ist einander ähnlich.

Bei *Franki* wird ein dickwandiges Stahlrohr mit einer Spezialramme nach Einfüllen eines etwa einen Meter hohen Betonpropfens durch einen im Innern der Rohre fallenden Rammbär in den Boden hineingezogen. Der Betonpropfen verschließt das Rohr wasserdicht und dient ihm als Pfahlspitze. Nach Erreichen des notwendigen Erdwiderstandes wird der Betonpropfen aus dem Rohr herausgeschlagen, Beton nachgefüllt, gestampft und das Stahlrohr sukzessive zurückgezogen.

Bei den bisher genannten Pfählen handelt es sich um solche, die mit Rammbären in den Boden eingetrieben werden. Dabei wird der Boden seitlich verdrängt und verdichtet. Es sind somit gewaltige Rammleistungen nötig, die im Quadrat zum Pfahldurchmesser steigen. Der rasch zunehmende Erdwiderstand begrenzt dadurch den Durchmesser dieser Pfähle auf 50 bis 60 cm, entsprechend einer zulässigen Pfahlbelastung von 60 bis 120 Tonnen. Durch die Rammbärschläge entstehen meistens starke Erschütterungen im Baugrund, die nicht überall zulässig sind und zu Schäden an benachbarten Werkleitungen und Bauobjekten führen können. Um solche schädlichen Erschütterungen zu vermeiden, werden heute mehr Pfähle nach dem *Bohrverfahren* ausgeführt.

Ortbeton-Bohrpfähle

Bohrpfähle gehören zu den ältesten Ortpfahlsystemen. Nach klassischer Methode wird ein Bohrrohr in die Erde geteuft, indem im Innern desselben mittels Kies- oder Schlammpumpe oder durch eine Klappsonde der Boden ausgeräumt und der entstandene Hohlraum nach Erreichen der nötigen Tiefe mit Beton gefüllt und das Rohr wieder gezogen wird. Diese Art Pfähle eignet sich nur für kleinere Lasten und für Arbeiten in beengten Räumen, zum Beispiel für Unterfangungsarbeiten von Kellerräumen. Die Tragfähigkeit dieser Pfähle, bei Pfahldurchmessern von 300 bis 400 mm, ist normalerweise 20 bis 30 Tonnen.

In den letzten zehn Jahren wurden neue, leistungsfähigere Bohrgeräte entwickelt, die erlauben, wesentlich wirtschaftlichere Bohrpfähle mit größerem Durchmesser und dementsprechend größerer Tragfähigkeit zu erstellen. Bohrpfähle von 600 bis 1000 mm Durchmesser mit einer Tragkraft von 200 bis 500 Tonnen je Pfahl gehören heute bereits zu den Standardgrößen.

In Amerika zeichnet sich die Tendenz ab, Großbohrpfähle bis 3000 mm Durchmesser zu erstellen, sogenannte Brunnenpfähle, die, wenn sie auf Fels zu stehen kommen, einige 1000 Tonnen zu tragen vermögen. Dafür werden Pfahlgeräte eingesetzt, die über 100 Tonnen wiegen und nahezu 1,5 Millionen Schweizer Franken kosten.

Der Vorteil der Bohrpfahlsysteme

liegt darin, daß das Eintreiben des Rohres nicht durch Rammen, sondern durch Bohren erfolgt. Beim Bohren entstehen praktisch keine Erschütterungen. Bohrpfähle können daher direkt neben bestehenden Gebäuden oder Werkleitungen erstellt werden, ohne daß Gefahr von Rißbildung und Setzungen und der damit verbundenen Schäden besteht. Bohrpfähle können auf beliebige Tiefe ausgeführt werden und erlauben das Durchfahren von verkitteten Bodenschichten, das Beseitigen von Findlingen und sonstigen Hindernissen sowie das Einbinden in anstehenden Fels, was bei gerammten Pfählen nicht möglich ist. Jede Bohrung ist gleichzeitig eine Bodensondierung, so daß von Fall zu Fall die Pfahllänge dem vorhandenen Baugrund und der verlangten Tragfähigkeit des Pfahles angepaßt werden kann. In der Schweiz gehört, neben den Bohrpfahlsystemen von HW, ICOS und anderen, das Bohrpfahlsystem Benoto zu den bekanntesten. Auch Franki hat neuestens eine Pfahlmaschine für Großbohrpfähle entwickelt.

Das Benoto-Verfahren

wurde im Jahre 1955 beim Wiederaufbau der im Zweiten Weltkrieg zerstörten Verladequais im Hafen von Le Havre angewendet. Die alten Quaimauern waren durch die Bombardierung derart zerstört worden, daß sie zum größten Teil in das Habenbecken stürzten und auf dessen Grund liegenblieben. Das Rekonstruktionsprojekt sah die Fundation mit Bohrpfählen vor, die bis 30 m unter Meeresspiegel reichten. Diese Pfähle hatten Schichten von Sand, Lehm, Kalkstein, Betonbrocken usw. zu durchfahren, um in anstehenden Fels einzubinden. Ueber 20 km Bohrpfähle von 1000 bis 1500 mm Durchmesser mußten ausgeführt werden. Jeder Pfahl hatte eine Last von 350 bis 800 Tonnen zu tragen. Auf dieser Baustelle verwendete man mit Erfolg *Bohrgeräte von Benoto,* insbesondere den «Hammergrab» für die Bohrung und die «Verrohrungsmaschine» für das Abteufen der Bohrrohre. Diese beiden Spezialgeräte waren in Le Havre noch voneinander getrennte Aggregate.

Der «Hammergrab»

ist ein Werkzeug auf dem Prinzip eines Greifers. Sein Gewicht variiert zwischen 1000 und 3000 kg, je nach Durchmesser der Bohrung. Er pickelt den Baugrund auf, gräbt sich in diesen hinein, faßt das Aushubmaterial und befördert es heraus. Er kann im Trockenen, unter dem Grundwasserspiegel oder im freien Wasser arbeiten. Um das Abteufen der Bohrrohre zu erleichtern, konstruierte Benoto eine besondere Maschine. Diese erlaubt ununterbrochene Hin- und Herbewegungen des Bohrrohres, wodurch die Reibung zufolge Erddrucks während des Absenkens wesentlich vermindert wird.

Bei den neuen *Benoto-Bohrgeräten* sind «Hammergrab» und «Verrohrungsmaschine» in einem Aggregat zusammengebaut. Die Maschine hat, je nach Pfahldurchmesser, ein Gewicht von 30 bis 50 Tonnen und ist mit einem 120-PS-Dieselmotor angetrieben. Neben drei starken Seilwinden werden alle übrigen Bewegungen des Gerätes auf hydraulischem Weg vorgenommen. Fünf hydraulische Pumpen wirken auf 12 Kolben und gestatten ein rasches und präzises Arbeiten beim Bohren wie beim Manövrieren.

Da solche Geräte meistens auf schlechtem Baugrund arbeiten müssen, sind die Organe der Fortbewegung entsprechend ausgebildet. Statt Pneuräder und Raupen dienen dazu große Plattenfüße, «Otarie» genannt.

Otarie heißt eine Gattung von Seehunden

Die Maschine hat also ein originelles und seehundähnliches Schreitwerk, das erlaubt, die schwere Maschine in jeder Richtung zu bewegen und an Ort zu drehen. Die Arbeitsweise der Maschine ist kurz folgende:

Schwere Stahlrohre von 530 bis 1080 mm Durchmesser werden als Mantelrohre unter Druck und Drehen in den Baugrund eingetrieben. Dadurch wird das Erdmaterial als zylindrischer Kern aus dem Baugrund herausgestanzt. Mit fortschreitendem Eindringen des Bohrrohres in den Boden wird mit dem Einseilgreifer, genannt *«Hammergrab»,* das ausgestanzte Material aus dem Rohr herausbefördert. In rolligem oder fließendem Baugrund eilt das Bohrrohr dem Rohrgreifer einige Meter voraus, und gewährleistet dadurch die Stabilität des zu durchfahrenden Baugrundes. Im Bedarfsfalle kann ein innerer Wasserüberdruck erzeugt werden, der die Grundbruchgefahr beim vollständigen Ausräumen des Rohres bis zur Rohrschneide verhindert.

Nach Erreichen genügender Tiefe wird das Rohr mit Beton gefüllt und mit dem Ziehen des Mantelrohres begonnen. Während des Rohrrückzuges wird das Rohr ständig hin und her bewegt, wodurch eine gute Nachmischung und Verdichtung des eingefüllten Betons erreicht wird, so daß er sich satt und unter großem Druck an die Bohrlochwandung anpreßt. — Mit dem System Benoto lassen sich auch Pfahlwände erstellen, die ein Ersatz für Stahlspundwände sind. Besonders wo es gilt, Baugruben-Umschließungen im Stadtkern auszuführen, läßt sich der große Lärm, der beim Rammen von Stahlspundwänden entsteht, unter dem Einsatz von Bohrgeräten vermeiden.

System der Pfahlgründung

Liegt der tragfähige Boden so tief, daß eine Flachgründung technisch und wirtschaftlich nicht mehr in Frage kommt, so entscheidet man sich zur Pfahlgründung. Dabei hat man grundsätzlich zu unterscheiden, ob *stehende* oder *schwebende Pfähle* in Frage kommen.

Stehende Pfahlgründung liegt dann vor, wenn der Pfahlfuß auf oder in den tragfähigen Bodenschichten steht. Festgelagerte Kiesschichten genügender Mächtigkeit, Grundmoräne oder gar anstehender Fels sind solche tragfähige Böden. Bei Fels genügt in den meisten Fällen, daß der Pfahl auf einer horizontalen Basisfläche steht. Besteht Gefahr des Schiebens, so erfolgt zweckmäßig ein Einbinden der Pfahlfüße in den gesunden Fels. Bei Kies-, Sand- und Moräneschichten ist ein genügendes Einbinden der Pfähle in diese Schichten anzustreben. — Bei diesen «stehenden» Pfahlgründungen wird praktisch die ganze Pfahllast durch den Pfahlfluß auf den tragfähigen Grund übertragen. Den Widerstand, der am Pfahlfuß der Pfahllast entgegenwirkt, bezeichnet man als «Spitzenwiderstand». Der Widerstand, der infolge Reibung zwischen Erdreich und Pfahl auftritt, heißt «Mantelreibung». Bei der stehenden Pfahlgründung hat normalerweise die Mantelreibung eine nebensächliche Bedeutung; ist sie jedoch besonders groß, so erhöht sich dadurch die Pfahltragfähigkeit.

Schwebende oder schwimmende Pfahlgründung

ist dort vorhanden, wo mit dem Pfahl in nützlicher Tiefe keine genügend tragfähige Bodenschicht angetroffen wird. Die Tragfähigkeit des Pfahles wird daher in erster Linie durch die Größe der Mantelreibung bestimmt, und der Spitzenwiderstand ist relativ klein. — In der Praxis werden weder die rein stehenden noch die ausschließlich schwebenden Pfähle vorliegen, sondern eine gemischte Gründung. Es liegt auf der Hand, daß stets darnach getrachtet werden sollte, die Mantelreibung durch eine möglichst rauhe Pfahloberfläche zu erhöhen. Ortsbetonpfähle haben diese Eigenschaft in hohem Maße, zum Unterschied von glattwandigen Fertigpfählen. Stehen die Pfähle in einem Baugrund, bei dem die oberen Bodenschichten zu lange andauernden Setzungen neigen, so kann es zweckmäßig sein, auf eine rauhe Manteloberfläche zu verzichten, um negative Reibungskräfte, die eine zusätzliche Pfahlbelastung bringen würden, zu vermeiden.

Baugrunduntersuchungen

Vor der Ausarbeitung der Unterlagen für größere Bauobjekte ist es ratsam, genügende Aufschlüsse über den Baugrund einzuholen. Oberflächliche Schürfungen und Sondierschächte könnten nur Angaben bringen im Hinblick auf die eigentlichen Aushub- und Sprießarbeiten, nicht aber für die Gründung selbst. Für letztere ist von größter Bedeutung, welche Eigenschaften der Baugrund unter den Fundamenten besitzt, sind doch diese für das Verhalten des Bauwerkes bezüglich Größe und Ungleichmäßigkeit der später eintretenden Setzungen und der damit verbundenen Gefahren und Schäden ausschlaggebend.

Am zweckmäßigsten wird eine Anzahl Rammsondierungen, in genügende Tiefe reichend, sowie einige Schlüsselbohrungen ausgeführt. Ungestörte Bodenproben werden in der Eidgenössischen Versuchsanstalt für Wasser- und Erdbau (VAWE) auf die bodenmechanischen Eigenschaften untersucht. Mit diesen Voruntersuchungen ist der Ingenieur und eventuell spätere Pfahlunternehmer in der Lage, die zweckmäßige Gründungsart zu bestimmen und einen zuverlässigen Kostenvoranschlag aufzustellen.

Oft kommt es heute noch vor, daß der Aushub eines Bauobjektes in Angriff genommen wird, ohne daß solche Voruntersuchungen vorgenommen wurden. Architekt und Bauherr glauben eine Flachgründung als ausführbar. Der Baugrund zeigt sich nach dem Aushub derart schlecht, daß zu einer Pfählung geschritten werden muß. Es ergeben sich für den Bauherrn unerwartete Mehrkosten und durch die Umprojektierung zusätzliche Pfahlarbeiten, unliebsame und kostspielige Bauverzögerungen, besonders dann, wenn nicht sofort passende Rammgeräte für die Pfahlarbeiten verfügbar sind.

Tragfähigkeit der Pfähle

Ausschlaggebend für den Umfang der Pfahlgründung sind das Gewicht des Bauwerkes und die Tragfähigkeit des Baugrundes beziehungsweise der zu erstellenden Pfähle.

Bei Rammpfählen wird allgemein die Tragfähigkeit eines erstellten Pfahles auf Grund des Rammprotokolls berechnet. Mit jedem Schlag des Rammbären bei einer bestimmten Fallhöhe dringt der Pfahl um ein gewisses Maß in den Boden ein. Dieses Maß erlaubt, Anhaltspunkte für die Bestimmung der Pfahltragfähigkeit nach einer der vielen Rammformeln zu erhalten. Da jedoch die Elastizität des Pfahles und des Erdreiches sowie der Porenwasserdruck im Boden entscheidende Faktoren für die Berechnung sind und von Tiefenmeter zu Tiefenmeter sich ändern können, ist die Berechnung unsicher. Bei großen Bauobjekten ist daher die wirklich zulässige Tragfähigkeit eines Pfahles an einem Probepfahl zu ermitteln. Dies erlaubt die richtige Anwendung der Rammformeln für die Bestimmung der Tragfähigkeit der übrigen Pfähle, unter Einschaltung eines genügend großen Sicherheitsfaktors. Bei Bohrpfählen ist die Vorausbestimmung der Tragfähigkeit je nach Pfahlsystem verschieden. Bei gewöhnlichen Bohrpfählen werden auf Grund der erdbaumechanischen Eigenschaften des durchfahrenen Bodens und nach statischen Erddruckformeln der zulässige Spitzenwiderstand und die Mantelreibung des Pfahles berechnet. Ein genügend großer Sicherheitsfaktor trägt der Heterogenität des Bodens Rechnung.

Beim Benoto-Bohrpfahl wird laufend der Bohrwiderstand gemessen, der beim Eindringen des Bohrrohres zu überwinden ist. Er liefert sehr gute Bezugswerte zur Bestimmung der Pfahltragfähigkeit. Bei großen Bauvorhaben ist eine Belastungsprobe auf einem Probepfahl zu empfehlen, um die genaue Relation zwischen errechneter und effektiver Tragfähigkeit des Pfahles in Funktion der Setzung zu erhalten.

Bei großen Pfeilerlasten hat man deshalb ein Interesse, mit möglichst großen Pfählen zu arbeiten, um deren Anzahl zu verringern.

Wahl des Pfahlsystems

Aus der Vielfalt der erwähnten Pfahlsysteme ist erkennbar, daß von Fall zu Fall das in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht geeignetste System gewählt werden muß. Die Verteilung der Pfähle im Grundriß, die Größe der Pfahllasten und die Eigenschaften des Baugrundes sind dafür entscheidend. Bei großen Einzellasten über 100 Tonnen werden voraussichtlich die Großbohrpfähle mit einer Tragkraft von 200 bis 500 Tonnen am wirtschaftlichsten sein, während bei kleineren Lasten die Ort-Rammpfähle bevorzugt sind.

Für die Wahl des Pfahlsystems ist außer der wirtschaftlichen und technischen Seite noch ein anderer Umstand zu berücksichtigen. Seit einigen Jahren wird vor allem in den *Städten* der Verminderung des *Lärms* große Beachtung geschenkt. Viel Lärm erzeugende Maschinen werden verboten oder müssen mit großem Kostenaufwand gegen die Ausstrahlung von Lärm Schutzvorkehren erhalten. Die Rammgeräte gehören zu jenen Maschinen, die sehr starken und störenden Lärm verursachen. Mit Hauben und Schalwänden versucht man, den Lärm dieser Maschinen zu dämpfen, um in gewissen Fällen trotzdem die wirtschaftlich arbeitenden Rammgeräte einsetzen zu können. Die heutigen Ausschreibungen von Pfahlarbeiten verlangen öfters *lärmarme* Verfahren. Es liegt auf der Hand, daß in diesen Fällen die Bohrpfähle, die keine Rammen benötigen, bevorzugt werden.

(Auszug aus einem Vortrag, gehalten vor der Technischen Gesellschaft in Zürich am 12. März 1962.)