Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 73 (1955)

Heft: 41

Artikel: Einsatz des Mammutrüttlers für Steinskelettgründung und Bruchsteinbeton-Erzeugung

Autor: Zweifel, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61991

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: 16.07.2025

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

Einsatz des Mammutrüttlers für Steinskelettgründung und Bruchsteinbeton-Erzeugung

Von Prof. **O. Zweifel**, ETH, Zürich

DK 693.556.4

Ueber einen allfälligen Einsatz des Mammutrüttlers auf schweizerischen Baustellen wird immer wieder gesprochen. Es mag deshalb von Interesse sein, im folgenden eine kurze Beschreibung dieser Apparatur zu geben. Was ihre Arbeitsweise anbetrifft, so soll diese nur für die Anwendungsarten der sog. Steinskelettgründung und der Bruchsteinbetonerzeugung beschrieben werden, weil es sich dabei um typische Anwendungsgebiete des Mammutrüttlers handelt. Insbesondere hatte der Verfasser Ende Juli dieses Jahres Gelegenheit, einer Steinskelettgründung für den Bau eines Geschäftshauses in Pforzheim (Deutschland) beizuwohnen.

Die Vibrationsverdichtung von lose geschüttetem Material, wie sie beispielsweise bei Kiesablagerungen oder bei Frischbeton vorkommt, wird immer mehr angewendet. Solches Material, dem rasche Schüttelschwingungen aufgezwungen werden, gerät in einen Zustand, in welchem die Reibung der einzelnen Körner gegeneinander so stark vermindert wird, dass sie sich wie Teile einer Flüssigkeit durch äussere Kräfte verhältnismässig leicht gegeneinander verschieben lassen. Bekannt ist das Beispiel des auf einen Vibriertisch geschütteten Sandhaufens, der unter dem Einfluss der Schwerkraft wie Wasser auseinanderläuft. Ein weiteres Beispiel ist die Verdichtung von mit Vibratoren in Schwingungen versetztem Frischbeton, bei dem die Körner des spezifisch schwereren Zuschlagsmaterials infolge der Reibungsverminderung nach unten zu sinken vermögen, während der leichtere Zementleim und die Lufteinschlüsse nach oben kommen. Dadurch rücken die einzelnen Körner auf engsten Raum zusammen, woraus die erwähnte «Verdichtung» resultiert, die ja nichts mit der Kompressibilität des Materials selbst zu tun hat, sondern nur in einer dichten Aneinanderlagerung der einzelnen Körner besteht.

Beim Mammutrüttler, der im folgenden besprochen werden soll, wird bei gewissen Anwendungsarten ein biegungssteifes vibrierendes Gitter mit grosser Kraft in das zu verdichtende Material hineingedrückt. Die Vibration bewirkt dabei die bereits erwähnte Verminderung der inneren Reibung, und die Druckkraft des Gitters schiebt Körner, die gröber sind als die Maschenweite des Gitters, nach unten, während das feinere Material nach oben quillt. Es ist ein bemerkenswertes Kennzeichen dieser Anwendungsart, dass hier die Grösse des Kornes darüber entscheidet, ob es sinkt oder steigt und nicht das spezifische Gewicht wie bei der Verdichtung von Frischbeton mit Innenvibratoren. (Als sekundärer Einfluss bleibt selbstverständlich die Schwerkraftwirkung bestehen; so steigen als Folge der Vibration innerhalb des von den Grobstücken verdrängten und nach oben quellenden Feinmaterials Wasser und Lufteinschlüsse wegen des Auftriebes an die Oberfläche auf.)

Dieses Verfahren wird sowohl bei der Steinskelettgründung wie bei der Bruchsteinbetonerzeugung angewandt. Unter Steinskelettgründung wird das Eindrücken — immer bei simultaner Vibrationswirkung — von Grobsteinen (Kantenlänge 20 bis 40 cm) in vorzugsweise bindigen Baugrund zum Zwecke der Tragfähigkeitserhöhung verstanden, während bei der Herstellung von Bruchsteinbeton ebensolche Grobsteine (Bruchsteine) in Feinbeton eingedrückt werden, um über eine Verminderung des Zementverbrauches eine Herabsetzung der Abbindewärme und des Schwindens zu erzwingen.

Es liegt im Wesen dieses Verfahrens, dass es auch seine Wirksamkeit beibehält, selbst wenn das Raumeinheitsgewicht der Grobsteine von demjenigen des Feinmaterials nur wenig verschieden oder sogar etwas kleiner als dieses ist.

Der Mammutrüttler

Der Mammutrüttler ist ein Oberflächenvibrator mit besonders grossen Rüttelkräften (Bild 1 *). Ein Elektromotor von 56 PS Leistung (erforderlichenfalls 110 PS) mit vertikaler Welle treibt drei Unwuchtelemente an, die bei einer Drehzahl von 3000 U/min eine Zentrifugalkraft von total 18 t entwickeln. Der Elektromotor und die Unwuchtelemente sind in einem Gehäuse gelagert, das im wesentlichen die Form eines Hohlzylinders aufweist und am unteren Ende mit einem Rüttelkorb verbunden ist. Dieser Korb ist ein gitter- oder zellenartiges Gebilde, das die Vibrationen auf das zu verdichtende Material übertragen und die Grobsteine nach unten drücken soll.

Dieses System von Elektromotor, Unwuchtmassen, Gehäuse und Rüttelkorb ist am oberen Ende auf der Höhe des Elektromotors aufgehängt und darf gewissermassen als physisches Pendel angesehen werden. Die Massenverteilung ist dabei so gewählt, dass der Aufhängepunkt — und damit auch der empfindliche Elektromotor — praktisch in Ruhe bleibt (Nullpunkt), während die übrigen Gehäuseteile kleine horizontale Kreisbewegungen von wenigen Millimetern Durchmesser ausführen, die nach unten grösser werden. Dieses System wiegt 2 t; für gewisse Zwecke genügt dieses Gewicht, so z. B. für die Herstellung von Bruchsteinbeton, weil der Fein-

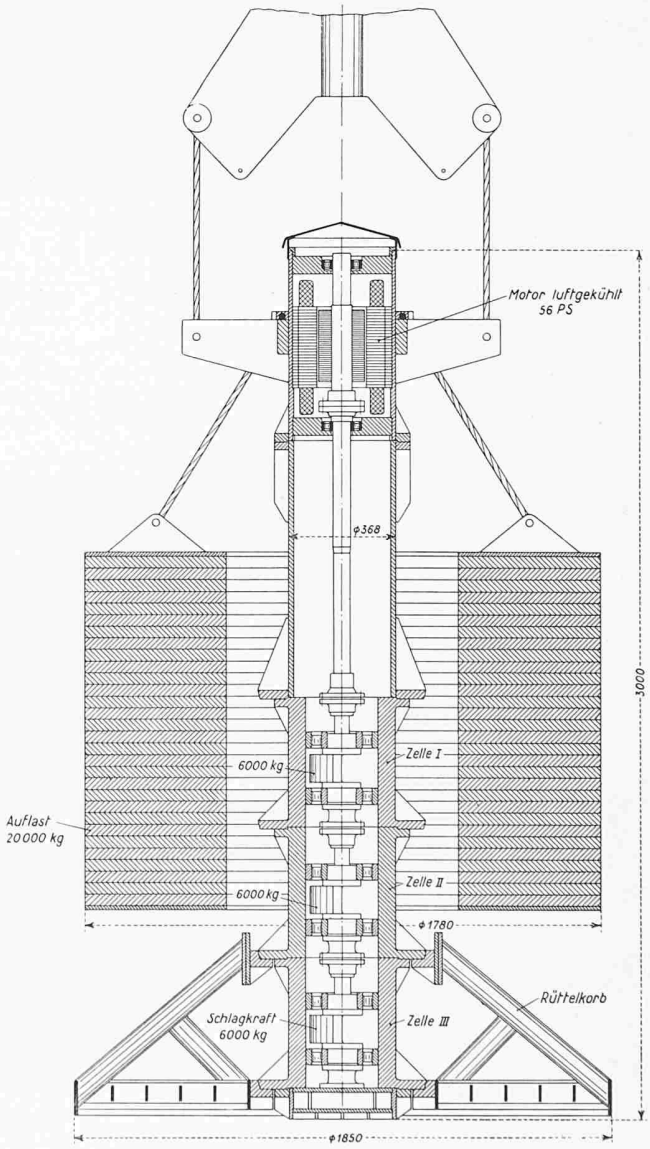

Bild 1. Querschnitt durch den Mammutrüttler, Masstab 1:25

*) Die Bilder 1, 6 und 7 wurden dem Verfasser freundlicherweise von der Firma Joh. Keller, Renchen (Deutschland), zur Verfügung gestellt.

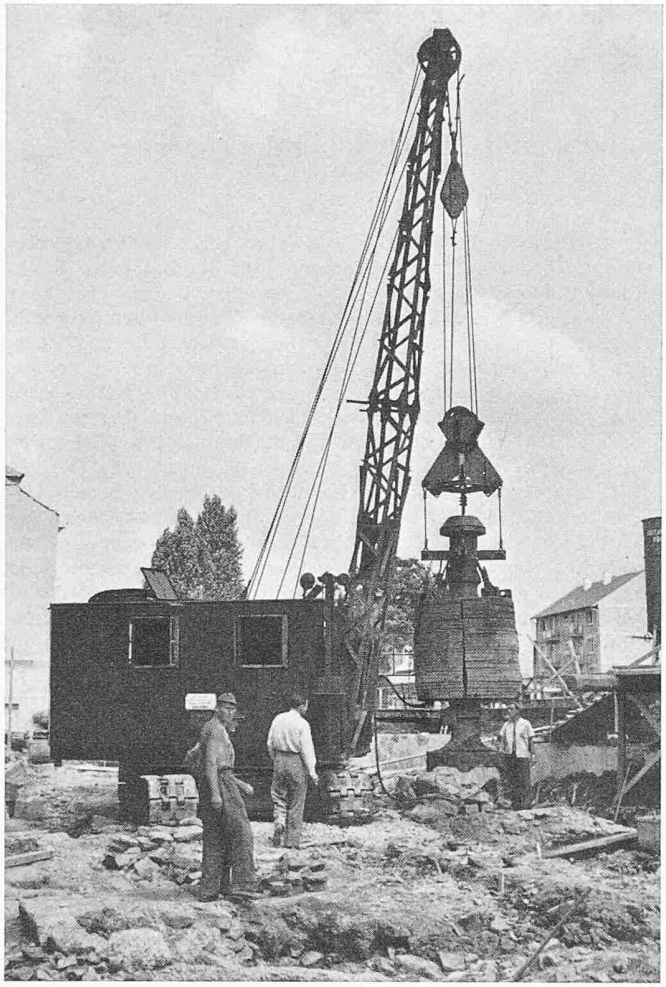

Bild 2. Steinskelettgründung mit Mammutrüttler in Pforzheim. Der Rüttler wird mit Hilfe eines Baggerkrans umgesetzt

beton ein verhältnismässig weiches Medium ist. In anderen Fällen, wie z. B. bei der Steinskelettgründung, wo Grobsteine in ein viel zäheres Material eingerüttelt werden müssen, braucht es grössere Aufpresskräfte. Um diese zu erzeugen, wird in der Nähe des Nullpunktes eine frei pendelnde Auflast von 0 bis 18 t angehängt, welche die Rüttelbewegung nicht mitmacht. Die ganze Apparatur hat damit allerdings ein beträchtliches Gewicht, und für das Umsetzen müssen spezielle Hebevorrichtungen vorhanden sein, beispielsweise ein Baggerkran (Bild 2).

Steinskelettgründung

Bei der Arbeit in Pforzheim handelte es sich um die Fundamentierung eines Geschäftshauses unmittelbar anstossend an einen Kanal, dessen Wasserspiegel nur 50 cm unter Planum liegt. Der Boden besteht bis zu einer Tiefe von 2,2 m aus bindigem Material mit geringer Tragfähigkeit; anschliessend folgt eine Schicht von 20 bis 30 cm Sand und darauf in 2,5 m Tiefe eine mächtige Schicht Grobkies, die nach den Ergebnissen der Probebohrungen mindestens bis auf 8 m Tiefe reicht. Das Grundwasser steht auf gleichem Niveau wie der Wasserspiegel des Kanals, also in 50 cm Tiefe. Aus diesem Grunde wäre bei einer allfälligen Betongründung eine Wasserhaltungsanlage notwendig geworden, was nun bei der Steinskelettgründung mit dem Mammutrüttler überflüssig wird.

Bei diesem Gründungsverfahren werden Steine von 20 bis 40 cm Kantenlänge Lage um Lage in den weichen Untergrund eingerüttelt, bis infolge der dadurch grösser gewordenen Tragfähigkeit der Einsinkvorgang der Steine von selbst trotz Aufsetzen des in diesem Falle 8 t schweren und vibrierenden Rüttlers zum Stillstand kommt. Die dadurch erreichte Bruchfestigkeit betrug im Falle Pforzheim nach Angabe der Baufirma wesentlich mehr als 11 kg/cm² bei einer Steifezahl von etwa E = 300 bis 500 kg/cm². Die zulässigen Bodenpressungen wurden bei Fundamentbreiten von mindestens 1,5 m mit 6 kg cm angegeben. Der gewachsene Untergrund besass vor dem Einrütteln der Bruchsteine eine Steifezahl in der Grössenordnung von E = 10 bis 20 kg/cm² (Konsistenzzahl 0,52; Plastizitätszahl 23,5; Rollgrenze 18,3 %).

Die Steinskelettgründung ging im einzelnen folgendermassen vor sich: Für ein Einzelfundament wird ein quadratisches Loch von 1,8 m Seitenlänge bis zur Tiefe des Grundwassers (0,5 m) ausgehoben. Darauf folgt das Einfüllen einer ersten Lage Grobsteine, dann wird der Rüttler aufgesetzt (Bild 3) und mit dem Einrütteln begonnen. Der Rüttelkorb überträgt seine horizontalen, kreisenden Rüttelkräfte auf die Grobsteine, und diese wirken ihrerseits auf die angrenzende Lehmmasse, die unter dem Einfluss der Schwingungen zu einer zähen Flüssigkeit wird. In diese weich gewordene Masse drückt der Rüttelkorb die Grobsteine hinein, und der darunter liegende Lehm fliesst gleichzeitig zwischen den Steinen empor und quillt durch die Oeffnungen des Rüttelkorbes nach oben. Sobald die Ringgewichte der Auflast auf dem Boden aufstehen (Bild 4), sinkt der Rüttler nicht mehr tiefer und

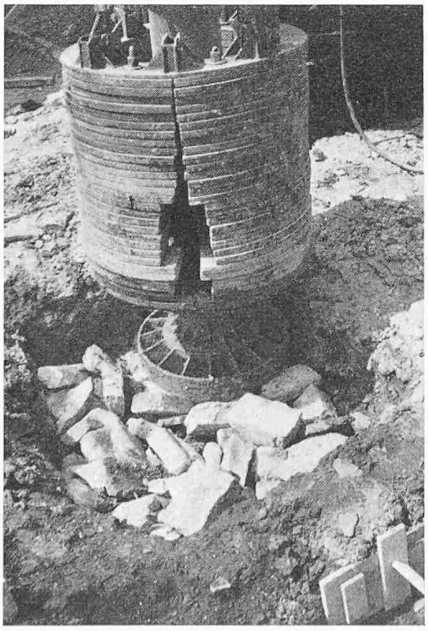

Bild 3. Aufsetzen des Mammutrüttlers auf eine Lage Grobsteine

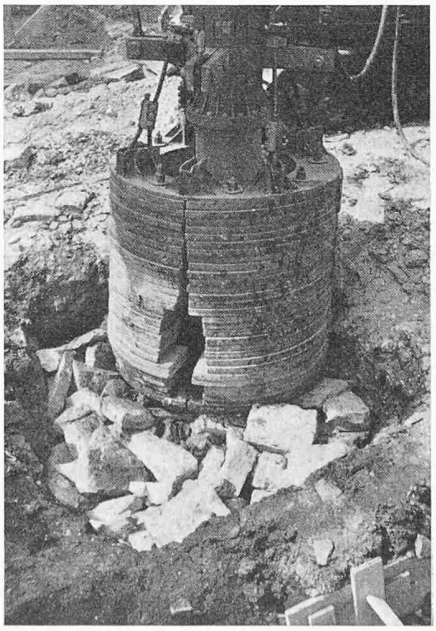

Bild 4. Der Einsinkvorgang ist beendet, sobald die Auflast am Boden aufsteht

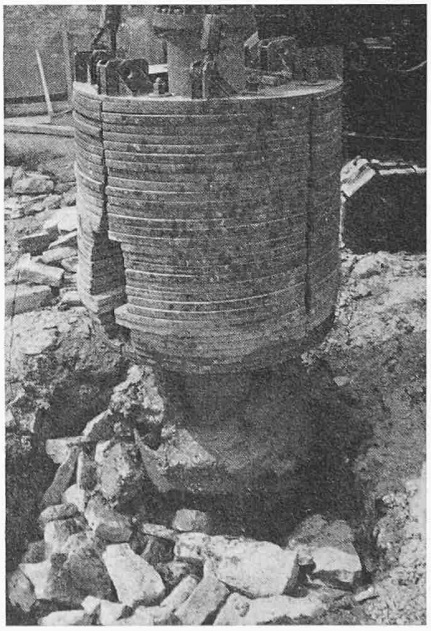

Bild 5. Am Rüttelkorb des wieder angehobenen Mammutrüttlers sitzt ein Teil des nach oben gequollenen Lehmes

wird mit der Hebevorrichtung angehoben. Diese Phase ist auf Bild 5 festgehalten; ein Teil des nach oben gequollenen Lehms ist am Rüttelkorb deutlich sichtbar.

Dieser Einrüttelvorgang wird nun unter mehrmaligem Versetzen des Rüttlers so lange wiederholt, bis die erste Steinlage über die ganze Fundamentfläche abgesenkt und unter dem nach oben gekommenen Lehm verschwunden ist. Anschliessend wird eine zweite Lage Grobsteine aufgelegt, und das Spiel beginnt von neuem. So kommt Lage auf Lage, die oberen Steinlagen drücken die unteren immer tiefer hinab, und der verdrängte Lehm hat einen stets weiteren Weg bis zur Oberfläche zurückzulegen. Die ganze Schwingungsenergie wandelt sich dabei in Wärme um, so dass der wassernasse Lehm mit der Zeit heiss wird und zu dampfen beginnt. Sobald mehrere Steinlagen übereinander liegen, muss eine Steinschicht die Schwingungen an die nächste weiterleiten, was um so besser möglich ist, als diese verschiedenen ineinander verkeilten Schichten durch die Auflast gegeneinander gepresst werden. Nach und nach vergrössert sich der Widerstand des Bodens, und etwa bei der zehnten Steinlage kommt der Einrüttelvorgang von selbst zum Stillstand.

Bei einer Versuchsgründung soll festgestellt worden sein, dass das «Steinskelett» dann bis in eine Tiefe von 2,2 bis 2,3 m (also noch in den Sand hinein) gedrungen ist; gleichzeitig hat es sich auch seitlich gegenüber der Ausgangsbreite von 1,8 m birnenförmig auf etwa 3 m verbreitert. Zwischen dem Steinskelett und dem Boden ist ein inniger Kontakt hergestellt worden, wobei die innere Verkeilung eine druckverteilende Steifigkeit der Gründung bewirkt.

Interessant ist der Umstand, dass das Geschäftshaus an ein bestehendes Gebäude angebaut werden soll und darauf Rücksicht genommen werden muss, dass die bestehenden Fundamente und Mauern (deren Herstellungsart und Gütezustand unbekannt sind) nicht durch die Rüttelwirkung des Mammutrüttlers gefährdet werden. Im Lehm selber ist allerdings die Reichweite der Vibrationen sehr klein; man begnügt sich deshalb mit einer Sicherheitszone von 3 bis 4 m Breite, innerhalb welcher nicht gerüttelt wird.

Die Steinskelettbauweise findet im übrigen eine spezielle Anwendung bei der Herstellung von Dichtungen, z. B. von Staudämmen. Die Grobsteine werden in diesem Falle in Ton eingerüttelt und bilden das tragende Element, während die Dichtungsaufgabe vom Ton übernommen wird. Es wird durch diese Technik vermieden, dass z. B. bei der Herstellung eines Dammkörpers die tragende Steinschüttung unterbrochen wird durch eine Zone reinen Tones, der neben seiner Dichtungsaufgabe auch noch statische Funktionen erfüllen sollte.

Bruchsteinbetonerzeugung

Es mag von Interesse sein, noch abschliessend auf die eingangs erwähnte Herstellung von Bruchsteinbeton hinzuweisen. Im Prinzip ist der Vorgang derselbe, wie er bei der Steinskelettgründung soeben beschrieben wurde, nur ist anstelle des Lehms weicher Frischbeton mit verhältnismässig feiner Körnung vorhanden, in den die Grobsteine eingedrückt bzw. eingerüttelt werden.

Die Firma Joh. Keller macht über den so erzeugten Beton beispielsweise folgende Angaben:

Feinbeton: gröbstes Korn	30	mm
Grobsteine: Kantenlänge, etwa	200—500	mm
Zement pro Kubikmeter Fertigbeton	140—160	kg/m³
Wasser-Zementfaktor, etwa		0,45
Druckfestigkeit	520	kg/cm²
Biegefestigkeit	28	kg/cm²
Dichtheit		sehr gut *)
Arbeitsfortschritt	15—30	m³/h
Zeit für das Einrütteln der Grobsteine	0,5—3	min/m³
Gewicht des Mammutrüttlers	2—4	t

Bild 6 zeigt den Einsatz eines Mammutrüttlers bei der Bruchsteinbetonerzeugung für die Staumauer Beyenburg; in diesem Falle arbeitet der Rüttler ohne zusätzliche Auflast. Bild 7 vermittelt einen guten Eindruck von der Arbeit

*) Ein mit Schlackensteinen als Grobzuschlägen hergestellter Bruchsteinbeton soll sich auf Grund von Versuchen sowohl im Feinbetonanteil wie in den Grobzuschlägen und in den Berührungsflächen zwischen Grobzuschlägen und Feinbeton als durchwegs dicht erwiesen haben.

Bild 6. Bruchsteinbetonerzeugung mit Mammutrüttler beim Bau der Staumauer Beyenburg

des Rüttelkorbes. Im Vordergrund befinden sich noch ungerüttelte Grobsteine, während links hinten der Einrüttelvorgang bereits zu Ende ist.

Während bei Massenbeton heute das Zuschlagsmaterial eine maximale Korngrösse von 100 bis 200 mm aufweist, enthält der Bruchsteinbeton nicht nur ein wesentlich gröberes Maximalkorn, sondern ein gewisser Korngrössenbereich ist überhaupt nicht vorhanden; so fehlen beim angeführten Beispiel alle Korngrössen zwischen 30 und 200 mm. Es ist deshalb für die Struktur des Bruchsteinbetons typisch, dass ausgesprochen grosse Grobsteine in ein Gefüge von relativ feinkörnigem Beton eingebettet sind. Das grobe Korn hat eine Verminderung des Zementverbrauches zur Folge, so dass es sich hier um einen Beton handelt, der weniger schwindet und niedere Abbindetemperaturen aufweist.

Wieweit dieser Bruchsteinbeton mit dem für den Bau unserer grossen Staumauern verwendeten Beton in Konkurrenz treten kann, lässt sich heute nicht ohne weiteres voraussehen. Selbstverständlich wäre für die Möglichkeit zu sorgen, auf der Baustelle so viele Rüttler mit den zugehörigen Hebevorrichtungen einsetzen zu können, dass das heutige Bautempo zum mindesten eingehalten werden kann. Im übrigen werden auch hier gesamthafte Wirtschaftlichkeitsüberlegungen den Ausschlag geben, wobei nicht nur die direkten Kubikmeterkosten eine Rolle spielen dürften, sondern auch

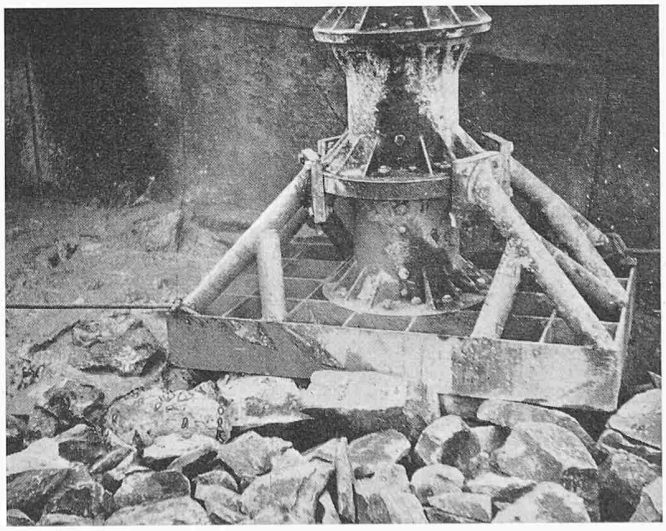

Bild 7. Einrütteln von Grobsteinen in Feinbeton (Teilansicht des Mammutrüttlers mit Rütteikorb)

geprüft werden müsste, auf welche Weise eine konstruktive Ausnützung der qualitativen Eigenschaften des Bruchsteinbetons möglich ist.

Literaturangaben.

[1] F. Tölke: Entwicklungslinien im Talsperrenbau unter besonderer Berücksichtigung der Steindämme und Beton-Staumauern. «Die Wasserwirtschaft» 1951/52, Heft 4, S. 89 bis 120.

[2] C. Rappert: Die Entwicklung von Grossrüttlern und ihre Einsatzmöglichkeit im Talsperrenbau. «Die Wasserwirtschaft» 1951/52, Heft 4, S. 148 bis 153.

[3] H. Breth: Die Bedeutung der hochwertigen Verdichtung rolliger Schüttmassen für den Staudammbau. «Die Wasserwirtschaft» 1951/52, Heft 12, S. 367 bis 371.

Adresse des Verfassers: Prof. O. Zweifel, Sonnenbergstrasse 2, Neuhausen.

Der neue Hauptbahnhof Heidelberg

DK 725.31:656.21

Der alte Bahnhof von Heidelberg war am 12. September 1840 eröffnet worden. Um dem Stadtinnern möglichst nahezukommen, hatte man einen Kopfbahnhof gewählt, was sich bei der damaligen geringen Zugzahl nicht ungünstig auswirkte. Dieser diente von 1846 an neben der Grossherzoglich Badischen Staatsbahn auch der Main-Neckarbahn Heidelberg-Frankfurt, was bei der Verschiedenheit der Spurweite (Baden hatte bekanntlich zunächst in der englischen Breitspur von 1600 mm gebaut) jahrelang etwelche Komplikationen zur Folge hatte. Als 1862 dann die Odenwaldbahn Mannheim-Würzburg als Durchgangsbahn hinzutrat, kam eine ganze Reihe von Niveauübergängen in unmittelbarer Nähe des Bahnhofes hinzu, vor allem an der Rohrbacher Strasse, der Bundesstrasse Nr. 3 Frankfurt-Basel, die bis zu vier Stunden täglich ihre Barrieren schliessen mussten und somit schon im Zeitalter des pferdebespannten Fuhrwerkverkehrs ein schweres Hemmnis bildeten.

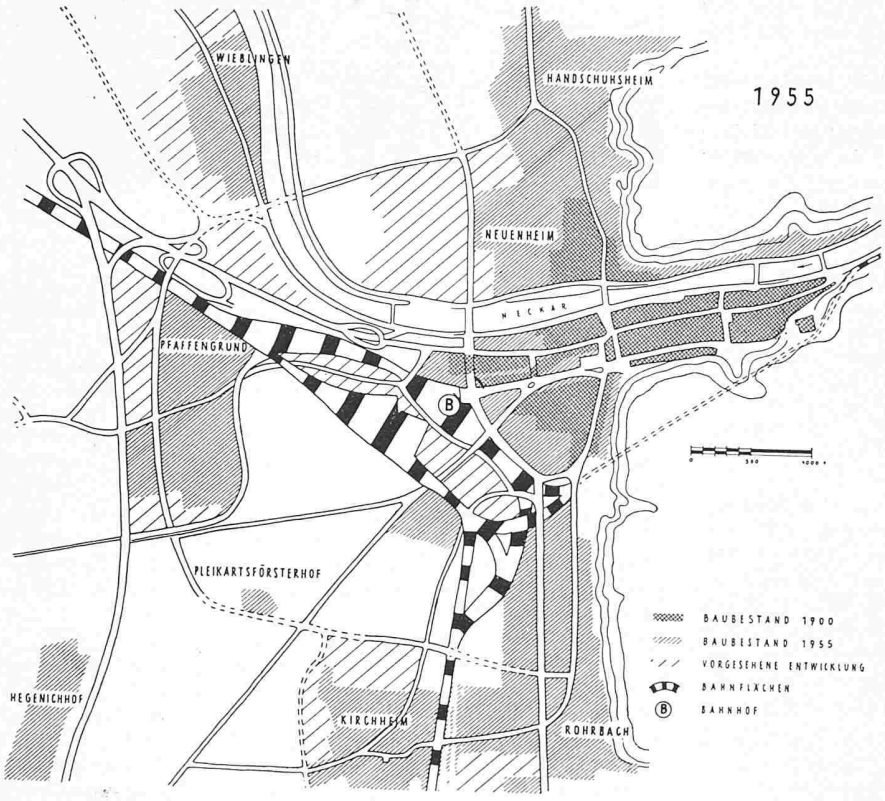

Bild 1. Plan der Stadt Heidelberg 1:60 000

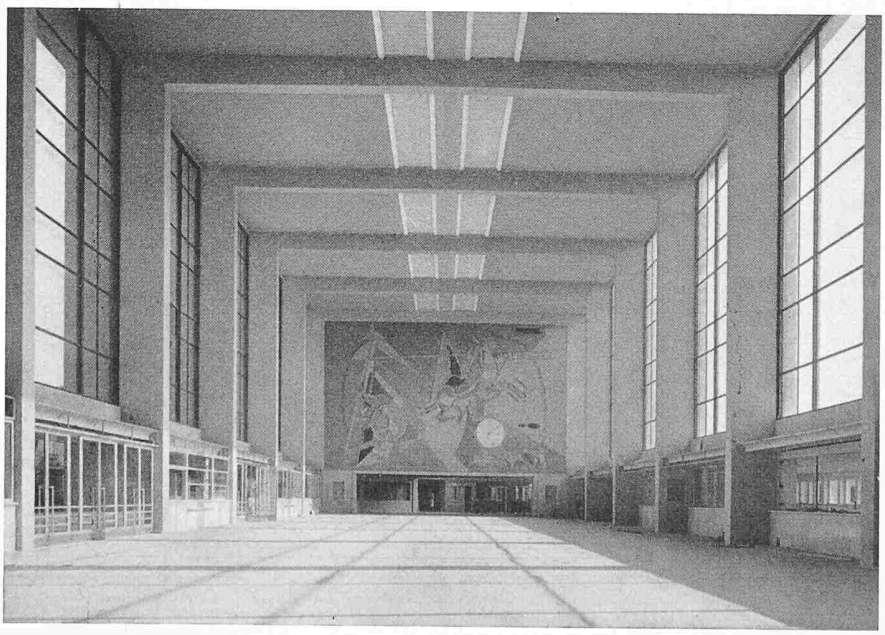

Bild 2. Empfangshalle des Hauptbahnhofs Heidelberg

So entschloss sich schon 1901 die Generaldirektion der Badischen Staatsbahnen in Karlsruhe zu einer Verlegung des Bahnhofes um etwa einen Kilometer gegen Westen, wo sie mehr Bewegungsfreiheit hatte und wo sämtliche Niveauübergänge wegfielen, wenn man sich für einen Tiefbahnhof entschied. So setzte die Badische Staatsbahn schon 1902 den Spaten an, um innert zehn Jahren jenes gewaltige, etwa 250 Meter breite Baggerloch auszuheben, das seither jedem durch Heidelberg Reisenden bekannt war, in das der neue Bahnhof einmal gelegt werden sollte und in das er vierzig Jahre später auch tatsächlich gelegt worden ist. Die Baukosten für den neuen Bahnhof waren auf 24 Mio Goldmark geschätzt und seine Vollendung auf 1917, spätestens 1918, vorgesehen.

Die Badische Staatsbahn verausgabte vor 1914 gegen zwanzig Mio Goldmark und stellte mehrere wichtige Neubauten her, so vor allem 1908/12 den 2487 Meter langen Königstuhltunnel, der in einer S-förmigen Doppelkurve den Standort des Schlosses umfuhr. Da ängstliche Gemüter eine Gefahr für das altehrwürdige Bauwerk befürchtet hatten, wird es heute im Norden vom Schlossbergtunnel der alten Odenwaldbahn (760 Meter lang) und im Süden vom Königstuhltunnel respektvoll umgangen. Bis 1914 vollendete die Badische Staatsbahn ferner die Czerny-, Ringstrassen- und Hebelstrassenbrücke sowie den neuen Bahnhof Heidelberg-Karlstor und den Rangierbahnhof samt Zufahrten.

Nach dem badischen Entwurf von 1910 war der künftige Hauptbahnhof in reinem Linienbetrieb mit zwanzig Perrongleisen vorgesehen, wovon je zehn für die Mannheim-Odenwaldbahn und die Strecke Frankfurt-Bruchsal. Dieses Projekt ist ebensowenig ausgeführt worden wie das der Deutschen Reichsbahn von 1938, da beidemal ein Weltkrieg dazwischenkam. Die jahrzehntelange Verzögerung war nicht so schlimm, weil gerade die Fern-