

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71 (1953)
Heft: 9: Sonderheft zum Geburtstag von Prof. Dr. E. Meyer-Peter. 2. Teil

Artikel: Baggeraushub im Hochbau
Autor: Stahel, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-60507>

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: 03.02.2026

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

Die Hauptschwierigkeit der Berechnung liegt in der Herstellung des Zusammenhanges zwischen den beiden Gebieten: Mauer-Dreieck und Baugrund-Halbebene, die nach ihrer Form und ihren Elastizitätseigenschaften völlig verschieden sind und die somit weder mit gemeinsamen Koordinatensystemen noch mit gemeinsamen Airyschen Spannungsfunktionen charakterisiert werden können.

Eine weitere Schwierigkeit ist die Tatsache, dass die überzähligen Grössen «Eigenspannungszustände» sind und damit zu komplex-imaginären Funktionen führen, die ins Reelle umgedeutet werden müssen. Die überzähligen Grössen werden in unendlichen Reihen angesetzt und die Elastizitätsbedingungen nach der Ritzschen Minimumbedingung als Minimum des Integrals über die quadratischen Abweichungen der Verschiebungen an der Trennfuge formuliert.

Die Durchführung der Berechnung auf dieser Grundlage erfordert einen ausserordentlichen Arbeitsaufwand. Als Gewinn bleibt die Tatsache, dass zahlreiche mathematische Operationen (Auflösung transzendenter Gleichungen, Aufstellung von Funktionsklassen usw.) ein für allemal durchgeführt sind und bei späteren Berechnungen wieder benützt werden können.

Die Ergebnisse sind bemerkenswert; es zeigt sich, dass der Spannungszustand nach der Trapezregel nur in der oberen Hälfte der Mauer gilt und dass im unteren Teil, je näher bei der Fundamentfuge der Spannungszustand untersucht wird, umso grössere Unterschiede mit der Trapezregel auftreten. Charakteristisch sind die grossen Spannungsspitzen mit mittleren Abweichungen von der Trapezregel bis 100% in der Nähe der Fundamentfuge.

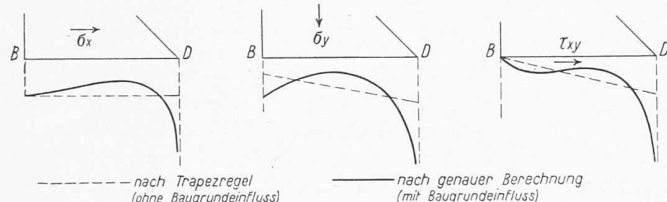


Bild 2. Unterschied der Ergebnisse zwischen herkömmlicher und genauer Berechnung

Die Ergebnisse zeigen, dass die angesetzten unendlichen Reihen nur sehr langsam konvergieren. Dies brachte den Verfasser auf die Idee, das vorliegende Problem mit numerischen Methoden der angewandten Mathematik zu lösen.

b) Numerische Untersuchung

Das Ziel der Untersuchung war ein doppeltes: einerseits sollten die analytischen Ergebnisse bestätigt werden, andererseits sollten die Möglichkeit (Arbeitsaufwand, Genauigkeit) und die Tragweite numerischer Methoden erforscht werden.

Als Berechnungsmethode wurde die Differenzenrechnung zu Grunde gelegt, d. h. die Transformation der Differential-Gleichungen in Differenzen-Gleichungen durchgeführt, und zwar an einem bestimmten, numerischen Beispiel. Die Trennung von Mauer und Baugrund als Grundsystem wurde wie früher festgelegt, mit dem Unterschied, dass die unendliche Halbebene durch ein genügend grosses Rechteck ersetzt wurde. Die Integration der Differentialgleichungen überträgt sich in der Differenzenrechnung als Auflösung eines Systems von linearen Differenzengleichungen. Daher sind bei solchen Operationen grundsätzlich zwei Probleme zu betrachten: 1. Wahl der «Maschenweite» derart, dass die Genauigkeit (Konvergenz) genügend und der Arbeitsaufwand tragbar bleibt. 2. Wahl des geeignetsten Lösungsverfahrens.

Zahlreiche Ueberlegungen führten zu der von Southwell

begründeten *Relaxationsmethode*, deren Anwendung im Zusammenhang mit der programmgesteuerten Rechenmaschine aus dem Institut für angewandte Mathematik an der ETH erfolgt; dessen Leiter, Prof. Dr. E. Stiefel, hat die Relaxationsmethode bedeutend ausgebaut²⁾.

Für das vorliegende Problem war es notwendig, die Technik der Relaxationsmethode von der Potential- auf die «Bipotentiale-Gleichung» zu erweitern. Die Methodik dieser Berechnung liegt heute vor²⁾ und gehört zu den wertvollen Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung. Durch Einführung von «Einflussfunktionen»³⁾ konnte schliesslich die Relaxation im Baugrund-Rechteck vermieden werden, was eine wesentliche Zeitersparnis bedeutete.

Es zeigt sich, dass die Genauigkeit der Ergebnisse mit einem mittleren Fehler von $\pm 5\%$ völlig genügend ist und dass der Arbeitsaufwand für zukünftige Berechnungen, eingedenk der Bedeutung der vorliegenden Bauwerke, in tragbaren Grenzen gehalten werden kann. Die numerischen Ergebnisse bestätigen diejenigen der analytischen Methode. Die Durchführbarkeit solcher numerischer Berechnungen kann auf Grund der an der ETH gewonnenen Erfahrungen positiv beurteilt werden.

Es ist Sache des Konstrukteurs, gegebenenfalls die grossen Abweichungen von der Trapezregel gebührend zu berücksichtigen.

C. Experimentelle Methode

Der Vollständigkeit halber sei in diesem Zusammenhang erwähnt, dass am Institut für Massivbau Modelluntersuchungen an Gewichtsstaumauern durchgeführt wurden, bei denen der Baugrund völlig unregelmässige Gestalt aufwies. Es ist von vornherein klar, dass eine Berechnung, wie sie oben geschildert wurde, in einem solchen Fall vorläufig unüberwindliche Schwierigkeiten bietet und dass die Modellmessung allein in der Lage ist, den notwendigen Aufschluss zu geben. Ueber die besonderen Schwierigkeiten dieser Untersuchung, insbesondere über die Realisierung des Modells mit verschiedenen Elastizitätsmoduli von Mauer und Baugrund usw., soll später berichtet werden. Jedenfalls bestätigte auch diese Untersuchung, dass der Einfluss der Nachgiebigkeit des Baugrundes auf den Spannungs- und Formänderungszustand der Staumauer wesentliche Ausmasse annimmt.

4. Schlussfolgerungen

Heute besteht die Notwendigkeit, zu stark vereinfachte Berechnungen durch entsprechend vertiefte Untersuchungen an bedeutenden Tragwerken zu ersetzen. Die Ergebnisse aus den besprochenen Untersuchungen beweisen diese Notwendigkeit. Die Nichtberücksichtigung wesentlicher Zusammenhänge (im Beispiel: Mauer und Baugrund) führt zu unvollständigen, ja falschen Ergebnissen.

Es soll keine Gegensätzlichkeit zwischen den verschiedenen Untersuchungsmethoden «konstruiert» werden, da keine solche besteht. Sie sind im Gegenteil dazu berufen, sich weitgehend zu ergänzen. Der Bauingenieur umgeht die Klippe der Einseitigkeit, wenn er den Ueberblick über das gesamte Gebiet der Untersuchungsmethoden gewinnt und behält. Dabei soll er nicht vergessen, dass die Beobachtung an ausgeführten Bauwerken das richtungweisende Kriterium für alle Untersuchungsmethoden bildet und allein die Möglichkeit bietet, den Zeitfaktor zu berücksichtigen.

Auch die eleganteste Untersuchungsmethode ist niemals Selbstzweck. Sie bringt uns der Wirklichkeit näher, behält aber einen dienenden Charakter.

²⁾ Prof. Dr. E. Stiefel, ZAMP 1952.

³⁾ Dr. Preissmann, Zürich.

Baggeraushub im Hochbau

Von Ing. M. STAHEL, Professor ETH, Thalwil

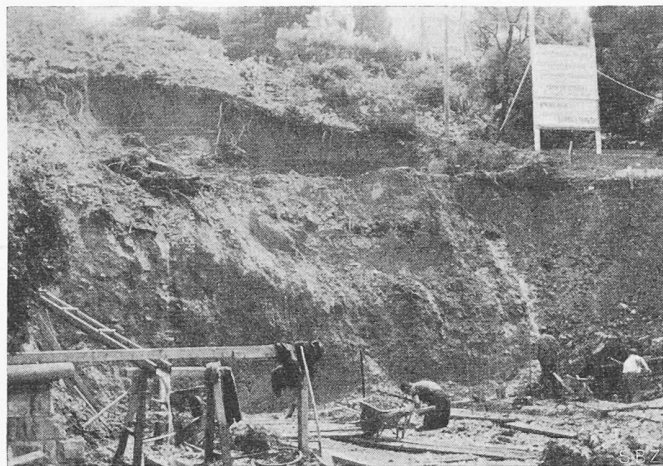
DK 624.152.2

Die Vorteile des Baggereinsatzes auch für Aushubarbeiten im Hochbau, nämlich die relativ billige und rasche Bewältigung beträchtlicher Kubaturen, sind allgemein bekannt und brauchen hier nicht näher dargelegt zu werden.

Es soll im folgenden vielmehr auf einige typische Schwierigkeiten, deren Auswirkungen von ärgerlichen Fraktionen bis zu schwerwiegenden Misserfolgen reichen, hingewiesen und der Versuch gemacht werden, aus den Erfahrungen einige Lehren zu ziehen. Wir beschränken uns dabei

auf den Baggereinsatz im Hochbau, obwohl sich diese Probleme im Tiefbau ebenfalls stellen können, weil sie im Hochbau aus verschiedenen Gründen häufiger und deutlicher in Erscheinung treten.

Neben den Tiefbauunternehmungen mit eigenem grossem Maschinenpark und einer relativ kleinen Zahl mittlerer Baugeschäfte mit Aushubgeräten stehen vor allem auch «reine» Baggerunternehmungen für die Ausführung maschineller Aushubarbeiten zur Verfügung. Die überwiegende Mehrheit



Bilder 1 und 2. Im ansteigenden Hang sollen mehrere Bauten erstellt werden; der Aushub für den untersten Trakt, als Hanganschnitt mit Bagger zuerst ausgeführt, löst lokale Abbrüche und tiefgreifende Hangrutschungen aus; eine einfache Fundation der andern Bauten wird unmöglich; die oberhalb liegende Strasse erleidet Risse und Setzungen. Ein ähnliches Bild bot eine Baugrube, deren Geschichte hier im Jahr 1949, Nr. 6, S. 84* geschildert wurde.

der mittleren und kleinen Baugeschäfte verfügt dagegen nicht über eigene Bagger. Darum ist gerade im Hochbau und bei kleinen Arbeiten des allgemeinen Tiefbaues die getrennte Vergebung der Aushubarbeiten an eine Baggerunternehmung häufig. Die Uebertragung der Baggerarbeiten an einen Hauptunternehmer, der eigene Bagger besitzt oder den Aushub seinerseits im Unterakkord weiter vergibt, ist in diesem Bereich seltener.

Alle drei Vergabungs-Möglichkeiten gestatten eine fachgerechte Durchführung der Bauarbeiten, und es stellen sich in allen Fällen die gleichen technischen Probleme. Dagegen sind die Aufgaben der Koordination und die Verantwortungen, je nach der Art der Vergabung, verschieden verteilt.

Im erstgenannten Fall separater, von der Bauleitung aus vorgenommener Vergabung der Baggerarbeiten an eine Spezialunternehmung zeigen sich die hier zu besprechenden Probleme besonders deutlich. Die Verantwortung für die richtige Koordination, die ihrerseits auf Grund der topographischen und technischen Gegebenheiten für den konkreten Fall gelöst werden muss, liegt ausschliesslich bei der Bauleitung.

Rationeller, dem Wesen dieser Maschinen entsprechender Baggereinsatz verlangt nach beträchtlichem, einfach profiliertem Massenaushub, der rasch und zusammenhängend ausgeführt werden kann. Das Herausheben der letzten Teilmengen mit dem Bagger ist nicht rationell; feine Massarbeit in engen und komplizierten Profilen ist teuer bis unmöglich. Darum erfolgt häufig eine Trennung der Aushubarbeiten. Die Hauptkubatur, meist die eigentliche Baugrube, wird vom Baggerunternehmer, die Fundamentgräben usw. werden vom Hauptunternehmer ausgehoben. Diese kleinen Teilaushübe des Hauptunternehmers werden oft teurer sein als im Rahmen eines Gesamtaushubes von Hand; sie sind kompliziert; die Kosten für kleine Transportgerüste, für Aufzüge oder andere Hubmaschinen müssen auf kleine Kubaturen verteilt werden. Aber auch andere Fragen, z. B. die Ableitung des Tagwassers durch den Hauptunternehmer, stellen sich unter andern Aspekten als im früher normalen Fall der Ausführung des gesamten Aushubes durch den Hauptunternehmer.

Die Frage der Sicherheit ist aber zweifellos das Hauptproblem.

Der Einbau von Spriessungen während der Aushubarbeiten verträgt sich nicht gut mit dem Bedürfnis nach flüssiger Maschinenarbeit. Die eigentlichen Baggerunternehmungen verfügen überdies meist nicht über Spezialisten und Material für grössere Spriessarbeiten. Nun darf aber ein Aushub oft nicht einfach ohne Einbauten ausgeführt werden, und selbst wenn dies angängig sein mag, soll nachher keine Zeit verstreichen, bis die notwendigen Spriessungen ausgeführt werden.

Der Baggerunternehmer erhält normalerweise keinen Auftrag für Spriessarbeiten. Vielleicht wird ein solcher in den Werkvertrag des Hauptunternehmers aufgenommen. Dieser kommt aber meist erst nach Fertigstellung der Baggerarbeiten, gelegentlich sogar erst einige Zeit später, auf die Baustelle. Er kann dann einen gefährlichen Zustand vor-

finden, der den normalen Einbau üblicher Spriessungen gar nicht mehr gestattet, sondern besondere und damit kostspieligere Sicherungsarbeiten erfordert. Schliesslich darf nicht verschwiegen werden, dass bei dieser Aufteilung der Arbeiten die Spriessungen manchmal auch in keinem der Verträge vorgesehen sind.

Der Hauptunternehmer, der eine ausgehobene und unverspriesste Baugrube zu übernehmen hat, ist nicht nur berechtigt, sondern von Gesetzes wegen verpflichtet, die notwendigen Sicherungsmassnahmen zu verlangen. Geht es dann — wie das schon verschiedentlich vorgekommen ist — noch einige Zeit, bis deren Notwendigkeit und Art nach allen Seiten diskutiert ist und sich die Bauherrschaft mit der unangenehmen Ueberraschung erheblicher Mehrkosten schon kurz nach Baubeginn abgefunden und die entsprechenden Aufträge erteilt hat, dann ist die Situation in der Zwischenzeit nur noch kritischer geworden. Es kann dann vorkommen, dass der Einbau der Spriessungen direkt gefährlich ist oder dass man überhaupt zu spät kommt.

Es sei daran erinnert, dass einer der Grundsätze für fachgerechte Spriessung lautet: rasch, sofort einbauen, das Material nicht in Auflösung und nicht in Bewegung kommen lassen. Die Zeit — d. h. die mit der Zeit stärker werdenden normalen Einwirkungen von Witterung, Bodenwasser, Kriechbewegungen, Erschütterungen usw. und die mit der längeren Zeitspanne grösser werdende Wahrscheinlichkeit des Eintretens ungünstiger Witterung — vermindert die Standfestigkeit gerade der ursprünglich fest stehenden, bindigen Materialien entscheidend. Die Vorgänge sind im einzelnen nicht leicht zu verfolgen, die Auswirkungen zeigen sich meist aber überraschend als Abbrüche und Rutschungen.

Die Frage, ob überhaupt, in welcher Art und zu welcher Zeit ein Aushub gespriesst werden muss, ist primär abhängig vom Gelände, der Bodenbeschaffenheit, den Wasserverhältnissen, sowie von Art und Grösse der Baugrube. Um möglichst hohe Sicherheit bei möglichst geringen Kosten und Risiken zu erreichen, steht u. a., gewissermassen als regulierender Faktor, die zweckmässige Organisation der Arbeit, Gliederung in Teilarbeiten und Festlegung der besten Reihenfolge, zur Verfügung. Dabei werden die Bedürfnisse des Maschineneinsatzes mit berücksichtigt. Aber dessen Vorteile, rascher und billiger Aushub, dürfen nach guter Berufsauffassung und nach Gesetz nicht ausschlaggebend sein. Die erste Stelle gehört vielmehr dem Problem der Sicherheit, Sicherheit für die am Bau Beschäftigten, Sicherheit für das Bauwerk während der Ausführung und nachher, Sicherheit für die Umgebung.

Dass sich, nach fachkundiger Prüfung aller Faktoren, nicht jeder Aushub für Maschinenarbeit eignet, ist eine unangenehme, aber unausweichliche Konsequenz der Problemstellung.

Zur Illustration seien kurz einige Sonderfälle angeführt:

Das unbekümmerte Herausheben der Hauptmasse einer Baugrube am Hang bedeutet meist Beseitigung des stützenden Hangfusses und schafft damit mindestens eine latente



Bild 3. Die ganze Baugrube im feinen lehmigen Sand ist ausgehoben; nun beginnen die Wände auszubrechen, und es sollten, ohne jede sichernde Spriessung oder genügend abgeflachte Böschungen, die Fundamente und Aussenwände erstellt werden.

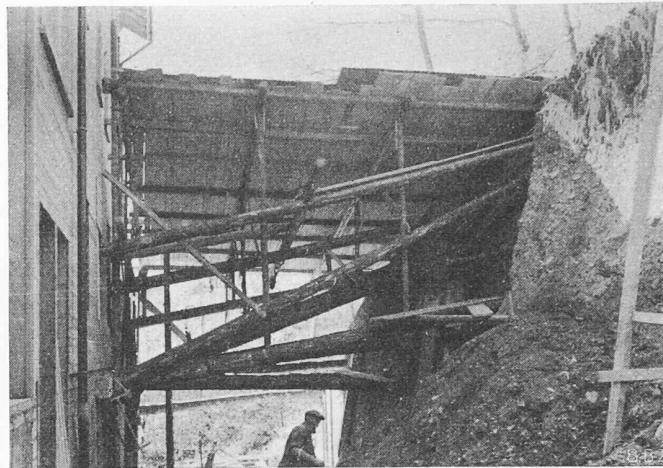


Bild 4. In einer Rippe aus Moränematerial werden vorerst die Baugrube ausgehoben und der Hochbau erstellt; dann soll die bergseitige Stützmauer ausgeführt werden; der Anschnitt beginnt zu rutschen und zu fließen. Nun ist für den Bau der Stützmauer eine schwere und komplizierte Spriessung zur Fassade und von dort, im Innern des Hauses, bis zu den Fundamenten des Hochbaues notwendig.

Rutschgefahr, die oft schon nach wenigen Tagen zur akuten Gefahr wird und zu weit hinaufreichenden Rutschungen führen kann.

Durch das vorzeitige Ausheben der Hauptkubatur einer Baugrube wird oftmals die nach den Lehren des Grundbaues zweckmässigste und sicherste, damit letzten Endes rationellste Ausführung der Arbeit verunmöglicht. Es ist hier vor allem an die bekannte Methode der Ausführung der Stützkonstruktionen im Schlitz-Verfahren zu erinnern. Bei verhältnismässig tiefen Baugruben in ungünstigem Material bietet sie schon im flachen Gelände, vor allem aber am Hang, die beste Gewähr für sichere Ausführung und leichte Anpassung an die Verhältnisse. Die Spriessung werden kurz und können zur Hauptsache waagrecht versetzt werden; es ist «bauseitig» bzw. «talseitig» anstehendes Material zur Aufnahme der Kräfte vorhanden. Mit diesem Verfahren, nötigenfalls längs unterteilt in Segmente, schliesslich bei besonders schwierigen Verhältnissen, bei Unterfangungen usw., als Arbeit mit versetzten Schächten ausgeführt, lassen sich auch recht heikle Aufgaben sicher bewältigen. Die Methode ist aber überhaupt nicht anwendbar, wenn der feste Materialkern vorzeitig ausgehoben wurde.

Andererseits gibt es für manche Bauaufgaben ein Verfahren, das ganz dem Wesen des Maschinenbetriebes entspricht, das Sicherheit mit rationellem Baggereinsatz verbindet: Aushub der Baugrube mit so flachen Böschungen, dass Spriessungen tatsächlich — nicht nur vermeintlich — entbehrt werden können. Die Methode, die heute noch verhältnismässig selten angewandt wird, kommt vor allem in Betracht für nicht zu tiefe Baugruben im flachen Gelände, ist

dort aber auch bei schlechtem Material anwendbar. Man scheut sich meist vor dem Mehraushub, der für eine genügend flache Böschung notwendig wird. Diese Mehrkubatur ist aber relativ klein (es handelt sich ja nur um keilförmige Körper längs der Baugrubenwände) und kann, von Anfang an vorgesehen, maschinell zum normalen Baggerpreis ausgehoben werden.

Der Verfasser ist sich durchaus bewusst, hier keine neuen Erkenntnisse dargelegt zu haben. Er hat aber vor mehr als zwanzig Jahren schon eine ausgehobene und ungenügend verspiessete Baugrube übernehmen müssen, mit all den Schwierigkeiten bei der Erstellung der Umfassungsmauern, mit Materialabbrüchen und zerrissenen Strassen, mit Stützarbeiten im strömenden Regen während der Osterfeiertage. Und er hat seither, mit rasch zunehmendem Maschineneinsatz seit 1945 immer häufiger, viele derartige Beispiele verfolgen können. Es scheint ihm deshalb ein Hinweis auf die technischen und die Koordinationsprobleme des Baggereinsatzes im Hochbau wohl gerechtfertigt.

Es geht dabei nur um die Grundsätze und Erfahrungen, die unser verehrter Lehrer, Prof. Dr. Meyer-Peter, während gut dreissig Jahren im Grundbau gelehrt hat.

Aber wir leben, u. a. auch bezüglich des Maschineneinsatzes für Aushubarbeiten, in einer typischen Uebergangs- oder Anpassungsperiode, um nicht zu sagen -krise. Die neuen Geräte bringen mancherlei gewichtige Vorteile. Man überschätzt aber nicht selten die Anwendungsmöglichkeiten, bzw. man unterschätzt die Konsequenzen. Nun muss man sich wieder besinnen auf die guten Lehren des Grundbaues, die unabhängig von den eingesetzten Mitteln Gültigkeit behalten.

Einfluss von Neuanlagen auf die Leistungsfähigkeit bestehender Wasserkraft-Werke

Von Dr. h. c. A. ZWYGART, Ingenieur, Baden

DK 627.132.003

Beim fortschreitenden Ausbau unserer Wasserkräfte kommt es häufig vor, dass bestehende Kraftwerke in ihrer Leistungsfähigkeit durch Neuanlagen beeinflusst werden. Dabei ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob das ältere Werk unter veränderten Zufluss- oder Gefällsverhältnissen weiter betrieben werden kann oder ob es aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen im Betrieb eingestellt werden muss. Bei rund 30 Fällen, mit denen der Verfasser bei verschiedenen Kraftwerkbauten zu tun hatte, mussten neun ältere Anlagen stillgelegt werden, wovon sechs infolge Wasserentzug und drei infolge Gefällseinbau.

Für die Gestaltung der Neuanlage ist die für sie erteilte Verleihung massgebend; soweit der Ausführung Rechte Dritter entgegenstehen, haben diese den Eingriff zu dulden, doch ist ihnen nach dem Bundesgesetz über die Enteignung volle Entschädigung zu leisten. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die Entschädigungspflicht gegenüber dem bestehenden Werk nicht in jedem Falle für den tatsächlichen Ausbau gilt, sondern nur so weit, als er innerhalb der eigenen Verleihungs-

rechte bleibt. Dieser Fall liegt auch vor, wenn einem bestehenden Werk von der Verleihungsbehörde eine Ausbauvergrösserung für so lange bewilligt wurde, als eine die betreffende Gewässerstrecke in sich schliessende, früher erteilte Konzession noch nicht realisiert ist. Im weiteren ist die Entschädigung nur auf die noch nicht abgelaufene Konzessionsdauer des älteren Werkes zu leisten, in Ausnahmefällen aber — wo ein zeitlich nicht beschränktes Nutzungsrecht vorliegt — auf die ganze Konzessionsdauer der Neuanlage.

In jedem Fall einer Beeinflussung bestehender Werke durch Neuanlagen ist für die Bemessung der Entschädigung die Grösse des verursachten Leistungs- und Energieausfalles festzustellen. Im folgenden wird das Vorgehen an dem in der Praxis häufigsten Fall besprochen, dass bei den Laufwerken an unsern grossen Flüssen im Interesse einer weitgehenden Gefällsausnutzung und zur Verbesserung der spätern Schifffahrtsverhältnisse durch den Stau eines neuen Werkes das Unterwasser des unmittelbar oberhalb liegenden Werkes bis zu einem gewissen Grad eingestaut wird. Der Einstau ist so zu