Ausnahme-Transporte: ein Problem, welches die Grossindustrie, das Baugewerbe sowie die Elektrizitätswerke angeht: Bericht über den Stand der Arbeiten

Autor(en): **Wüger, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87 (1969)**

Heft 49

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-70823

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ausnahme-Transporte

DK 656.1:625.711

Ein Problem, welches die Grossindustrie, das Baugewerbe sowie die Elektrizitätswerke angeht

Bericht über den Stand der Arbeiten. Von **H. Wüger**, dipl. Ing., Kilchberg

1. Einleitung

Unter dem Begriff «Ausnahme-Transporte» versteht man Transporte, die entweder hinsichtlich der Gewichte (sogenannte Schwertransporte) oder bezüglich der Abmessungen nicht den Vorschriften des Motorfahrzeug-Gesetzes entsprechen oder für die das Lichtraumprofil der Bahnen nicht ausreicht.

Zu den Transportgütern dieser Art gehören beispielsweise: grosse Wasserturbinen, grosse Dampf- und Gasturbinen, Reaktorkessel und Zubehör, Transformatoren, Papiermaschinen, Schiffe, Fertigelemente von Gebäuden, Baumaschinen. Interessiert an den Problemen der Ausnahmetransporte sind neben den Bahnen und den Eigentümern der Strassen vor allem die Maschinenindustrie, die Elektrizitätswerke, die Bauunternehmer, die Papierindustrie usw.

2. Die Rolle der Eisenbahnen

Die Transportmöglichkeiten der Bahnen sind in erster Linie durch das Lichtraumprofil beschränkt. Bei den SBB ist eine Höhe des Transportgutes von 4,4 m und eine Breite von 3,15 m zulässig. Auf einigen tunnelfreien Strecken werden neuerdings auch höhere Stücke angenommen, doch besteht keine Gewähr dafür, dass dies in Zukunft so bleiben wird. Auch hinsichtlich der Breite werden Zugeständnisse gemacht, wenn auf doppelspurigen Strecken der Gegenverkehr gesperrt werden kann. Die Last wird dann seitlich verschoben, so dass sie ins Lichtraumprofil der anderen Spur hineinragt. Mit dichter werdendem Verkehr können solche Zugeständnisse immer weniger erwartet werden, so dass der Bahntransport grosser Stücke, wenn auch in nächster Zukunft noch nicht ganz unmöglich sein wird, so doch langsam ausfällt. Am Gotthard ist schon bald mit einer absoluten Sperre für solche Transporte zu rechnen. Dann können nicht einmal mehr die in den Anlagen installierten Maschinen transportiert werden! Zudem besitzen lange nicht alle Werke und die allerwenigsten Unterwerke einen Gleisanschluss. Für das Baugewerbe (Transport von Baumaschinen und Fertigelementen) kommt der Bahntransport kaum in Frage.

3. Die Strasse als Transportweg für Ausnahmetransporte

Wie bereits festgestellt wurde, waren die Strassentransporte bis vor kurzem bezüglich der Ladehöhe im wesentlichen nur durch die Fahrdrahtanlagen der Bahnen und Strassenbahnen, die etwa 5,2 bis 5,5 m über Boden montiert sind, beschränkt [1]. Die wenigen früher vorhandenen Unterführungen liessen sich meistens unter Inkaufnahme kleiner Umwege leicht umfahren.

Die Schaffung mehrerer Verkehrsebenen, die seit einigen Jahren im Gang ist und durch die kreuzungsfreie Führung der Bahnen (Ersatz der Übergänge durch Unter- und Überführungen) sowie der Autobahnen bedingt ist, brachte vollständig neue Verhältnisse mit sich. Durch Flüsse, Eisenbahnen und Autobahnen wird das Land in mehr oder weniger grosse Felder eingeteilt, von denen jedes von den anderen aus nur entweder über eine Brücke oder durch eine Unterführung erreicht werden kann. Die Transportkapazität des Strassennetzes wird daher durch die Tragfähigkeit der Brücken und die Lichtraumprofile der Unterführungen begrenzt. Ein Umfahren dieser Hindernisse, die nach Vollendung der Autobahnen und der Aufhebung aller Bahnübergänge zahlreich sein werden, ist überhaupt unmöglich [2]. Der Bemessung der erwähnten Bauwerke kommt daher heute eine grundlegende Bedeutung zu.

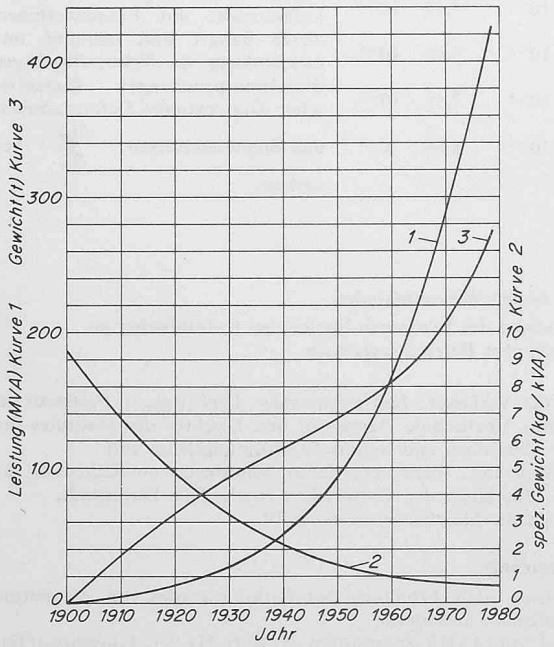

Bild 1. Entwicklung der Transportgewichte in Funktion der Leistung von Transformatoren

1 Entwicklung der Leistung der Einheiten
2 Entwicklung des spezifischen Gewichtes
3 Entwicklung des Stückgewichtes

4. Der Interessenkonflikt und seine Lösung

4.1 Die ersten Beschlüsse des ASF

Ohne die Industriekreise zu begrüssen, hat das Amt für Strassen- und Flussbau (ASF) die freien Durchfahrtshöhen von Überführungen an Autobahnen und Hauptstrassen auf 4,5 m und für andere Strassen auf 4,2 m sowie die Belastungsnormen für Brücken festgelegt. Sowohl die Belastungsnormen als namentlich die lichten Höhen von Unterführungen bedeuten eine wesentliche Behinderung der Ausnahmetransporte und, was die Höhen anbetrifft, eine *sehr erhebliche Verschlechterung* gegenüber früher.

4.2 Die Forderung der Interessenten

Da die Interessenten über die genannten Festlegungen nicht im Bilde waren, wurde man sich der Probleme erst bewusst, als die ersten Hindernisse gebaut und viele andere im Bau oder in Vorbereitung waren. Obwohl sich auf Einladung des VSE die Interessenten im Jahre 1961 zusammentaten, war nicht zu vermeiden, dass weiterhin noch mehr ungenügend bemessene Bauwerke entstanden. Zuerst dachte man an eine allgemeine Erhöhung der freien Durchfahrtshöhen von 4,5 m auf das früher verfügbare Mass von 5,2 bis 5,5 m. Schon bald musste man indessen erkennen, dass an eine Weiterverfolgung dieses Zieles nicht zu denken sei, da viel zu hohe Kosten entstehen würden. Es galt daher, eine Kompromiss-Lösung zu finden. Als einen der Industrie und den Werken gangbaren Weg nahm man in Aussicht:

a) Die Schaffung einer Export-Route, auf welcher Lasten von 300 t Nettogewicht mit einer Ladehöhe von 5,2 m transportiert werden können. Die Export-Route hätte, ausgehend von Schaffhausen über Winterthur, Zürich, Baden, Birr, Brugg, zum Auhafen bei Birsfelden zu führen, wo ein Kran mit 300 t Tragkraft installiert ist. Weiter müsste die Export-Route den genannten Hafen mit Bern, Lausanne und Genf verbinden.
b) Für die übrigen Verbindungswege sollte allgemein eine Durchfahrtshöhe von mindestens 4,8 m zur Verfügung stehen.

4.3 Entwicklung der Transportgewichte

Verschiedene Werkleute vertraten anfänglich die Meinung, das Transportproblem sei gar nicht so schwierig; auf jeden Fall seien bis heute überhaupt keine Engpässe spürbar geworden und ein Eingriff sei gar nicht nötig. Obwohl in einzelnen Landesgegenden bis heute noch nie zu niedrige Durchlässe in Erscheinung traten, ist die Schlussfolgerung kurzsichtig und auf weite Sicht sicher falsch. Denn der Übergang zu immer grösseren Energie-Umsätzen und höheren Leistungen zwingt unweigerlich zu leistungsfähigeren, schwereren und grösseren Einheiten.

Die Entwicklung der letzten 60 Jahre zeigt, dass das Leistungsgewicht (kg/kVA) zwar stark abgenommen hat. Der sich daraus ergebende Gewinn an Gewicht und Grösse ist aber stets mehr als ausgeglichen worden durch das Bedürfnis nach höheren Einheitsleistungen. Bild 1 gibt die Verhältnisse bei Transformatoren wieder.

4.4 Gang der Verhandlungen

Am 2. April 1963 fand in Bern eine erste Aussprache beim Amt für Strassen- und Flussbau (ASF) statt. Das ASF erklärte sich als nicht

zuständig, da die zu befahrenden Strassen grösstenteils entweder den Kantonen oder den Gemeinden gehören. Es verwies die Interessenten an die Baudirektorenkonferenz und empfahl, den ganzen Fragenkomplex durch die Vereinigung Schweiz. Strassenfachmänner (VSS) abklären zu lassen, wobei es seine Unterstützung zusagte. Ferner riet es, die Forderung nach grösserer Durchfahrtshöhe auf ein genau umschriebenes Netz von Strassen zu beschränken.

VSM und VSE gelangten alsdann mit einer Eingabe an den VSS, dessen geschäftsleitender Ausschuss am 15. Mai 1963 die Einsetzung einer Arbeitsgruppe «Ausnahmetransporte» beschloss. Der Vorsitz wurde *G. Bachmann,* dipl. Ing., Vorsteher des Büros für Strassenplanung der Baudirektion des Kantons Bern, übertragen. Im Sommer 1963 reichte sodann Nationalrat *W. Sauser* (Zürich) im Parlament eine kleine Anfrage ein, in der er den Bundesrat anfragte, ob er bereit sei, für Grosstransporte der Export-Industrie einen Weg nach Basel und Genf offen zu halten. Dieser parlamentarische Vorstoss erwies sich in der Folge als recht wertvoll. Die Schweizerische Baudirektorenkonferenz bestimmte am 25. Oktober 1963 die VSS als Treuhänderin für die Wahrung der Interessen der Kantone.

In der Arbeitsgruppe Ausnahmetransporte, die ihre Arbeit am 4. Dezember 1963 aufnehmen konnte, waren das ASF, die VSS, der VSM, der VSE, der Treuhandverband des Autotransportgewerbes (TAG) sowie das Ingenieurbüro R. Crottaz, Hergiswil, als Beratungsstelle, vertreten. Am 1. Oktober 1964 lieferte sie ihren Bericht an die Schweiz. Baudirektorenkonferenz sowie an das ASF ab. Darin wurde für die Exportroute eine Wunschroute und als Übergangslösungen verschiedene Variationen vorgeschlagen. Als Normen wurden für diese Exportroute beantragt: 5,2 m lichte Höhe, eine lichte Breite von 6,5 m und ein zulässiges Gewicht einschliesslich Fahrzeug von 480 t (Netto 320 t und Fahrzeuggewicht 160 t). Da verschiedene Bauwerke die Belastung mit 480 t nicht zulassen, muss man sich bei den vorläufigen «Übergangslösungen» mit einem Bruttogewicht von rund 300 t begnügen.

Während im Bericht hinsichtlich des Exportweges konkrete Vorschläge gemacht wurden (Bild 5), beschränkte er sich bei den Versorgungsrouten auf einige grundsätzliche Hinweise und schlug die Einsetzung einer besonderen Kommission zur Bearbeitung der Probleme vor.

Am 3. Februar 1965 stimmte die Schweiz. Baudirektorenkonferenz und später auch das ASF diesen Anträgen zu. Damit war die Forderung nach einem Exportweg als eine gesamtschweizerische Angelegenheit anerkannt und das ASF übernahm es, diese Frage weiter zu betreuen. Die neue VSS-Arbeitsgruppe «Versorgungsnetz» konnte ihre Arbeiten Mitte November 1965 aufnehmen. Um die Arbeit zu rationalisieren wurden sieben Regionalgruppen gebildet (Bild 2). Jede dieser Gruppen ist in der Arbeitsgruppe durch einen Kantons- oder Strassen-Ingenieur vertreten. Darüber hinaus haben Einsitz die Eidg. Polizeiabteilung, der VSM, der VSE, der TAG und die Überwachungsstelle für Ausnahmetransporte (Ingenieurbüro Crottaz, Hergiswil). Den Vorsitz hat wiederum G. Bachmann, inzwischen Kantonsoberingenieur in Bern.

Die Mitarbeit des Treuhandverbandes des Autotransportgewerbes (TAG) erwies sich besonders wertvoll, einerseits der grossen Erfahrungen wegen, anderseits weil diese Leute massgebend bei der Konstruktion und Neuentwicklung der Transportmittel beteiligt sind.

Zweck und Umfang des *Versorgungsnetzes* können wie folgt umschrieben werden: Fabriken von Wasser-, Gas- und Dampfturbinen, Grosspumpen, Kondensatoren und von elektrischem Material (Generatoren und Transformatoren), Reparaturwerkstätten der Werke sowie die Kraftwerke und Unterwerke sind durch ein Netz von «Versorgungsrouten» so miteinander zu verbinden, dass die nötigen Transporte (Anlieferung von den Fabrikanten, Austausch bei Revisionen und Reparaturen, Verschiebungen als Folge von Änderungen des Leistungsbedarfes) anstandslos durchgeführt werden können. Um insbesondere bei Störungen einen raschen Austausch zu gewährleisten, ist es erwünscht, Transformatoren in betriebsbereitem Zustand (Wandertransformatoren) zu verschieben.

Im *Mittelland,* d. h. in den am dichtesten besiedelten Gebieten sollten die Versorgungsrouten nach Auffassung der Werke die im Abschnitt 3 genannten «Felder» in zu Ringen geschlossenen Strassenzügen miteinander verbinden, damit bei einer Strassensperre immer noch ein zweiter Weg offen bleibt.

Im *Voralpen-* und *Alpengebiet* muss man in der Regel auf Ringbildungen verzichten und in Kauf nehmen, dass der einseitigen Zufahrtsmöglichkeit wegen die Zufahrt zeitweise unterbrochen bleibt.

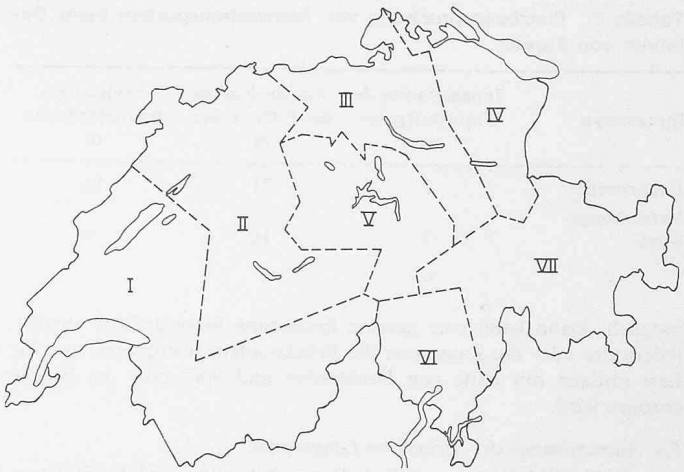

Bild 2. Die sieben Versorgungsnetz-Regionen der Schweiz

Für die Versorgungsrouten wurde wiederum eine freie Durchfahrtshöhe von 4,8 m festgelegt und ein maximales Transportgewicht (Brutto) von 240 t in Aussicht genommen.

Bei der eingehenden Behandlung zeigte es sich, dass es nicht möglich war, alle Versorgungsrouten nach den gleichen Normalien zu planen. Für Berggegenden mussten die Anforderungen herabgesetzt werden. Leider musste man ferner feststellen, dass da und dort einstweilen irreparable Engpässe entstanden sind, weil die Begehren den zuständigen Stellen zu spät bekannt geworden sind und überdies noch nicht anerkannt waren. In diesen Fällen muss man sich vorläufig damit abfinden und eine Verbesserung für später in Aussicht nehmen, wenn an den betreffenden Bauwerken aus irgend welchen Gründen Umbauten nötig werden. Überdies tauchten eine Reihe technischer Fragen auf.

5. Technische Fragen des Strassenbaues

5.1 Einfluss des Wassers auf den Strassenunterbau

Während die Gesetze, nach denen sich Bauwerke aus Stahl, Stein oder Beton unter Belastung verformen, praktisch bekannt sind, ist das Verhalten des Strassenunterbaues noch nicht genügend erforscht. Die Erdbaumechanik hat hier noch grosse Aufgaben zu lösen. Sicher ist, dass das im Unterbau vorhandene Wasser eine wichtige Rolle spielt. Im erdigen Material leitet es Fliess- und Setzungsvorgänge ein. Gefriert das Wasser, so übt es Sprengwirkungen aus und beim Auftauen entstehen wieder Setzungen. Solange der Strassenunterbau nicht dauernd und restlos den Einflüssen des Wassers entzogen werden kann oder die Einwirkung des Wassers z. B. durch Verfestigung unschädlich gemacht werden kann, sollten nach Auffassung der Bauingenieure extrem hohe Belastungen durch Schwertransporte während langen Regenperioden und besonders in der Auftauperiode vermieden werden. Das heisst, dass Schwertransporte wenn möglich nicht im Vorfrühling durchgeführt werden sollen.

5.2 Strassenbeläge

Dunkle, bituminöse Strassenbeläge werden unter Sonnenbestrahlung sehr heiss und weich. Daher sollten die Schwertransporte im Sommer vorwiegend zur Nachtzeit oder am frühen Morgen ausgeführt werden.

Es ist üblich geworden, auf schadhafte Strassenbeläge mehrere Zentimeter dicke Teppichbeläge aufzubringen, wobei dieser Vorgang sich nach einer Anzahl von Jahren wiederholen kann. Auf diese Weise wird die Fahrbahn-Oberfläche im Verlauf der Zeit beträchtlich angehoben. Eine ursprünglich bezüglich der Durchfahrtshöhe ausreichend bemessene Unterführung kann dadurch ungenügend werden. Da diese Aufhöhungen nur in den seltensten Fällen in den Plänen nachgeführt werden, ist es ratsam, die Teppichbeläge bei der Bemessung der lichten Höhen zu berücksichtigen. Anderseits ist dem Transport-Unternehmen zu empfehlen, die Durchfahrtshöhen an jedem zu benützenden Objekt nachzukontrollieren. Zudem wird es notwendig sein, Bestimmungen festzulegen, welche Mindestabmessungen gewährleisten, eine wahrscheinlich noch recht dornenvolle Angelegenheit!

5.3 Brücken

Auf Brücken sollte möglichst vermieden werden, dass die ganze Belastung eines Schwertransportes in die gleiche Spannweite zu liegen kommt. Das setzt Fahrzeuge voraus, die mindestens so lang sind wie die grösste Spannweite. Bei sehr langen Brücken ist dies aber kaum

Tabelle 1. Platzbeanspruchung von Schwertransportern beim Befahren von Kurven

Strassentyp	Innen-Radius des Transportgutes m	Aussen-Radius des Fahrwerkes m	Nötige freie Fahrbahnbreite m
Exportwege	7	21	14
Versorgungswege	7	16	9

möglich. Dann kann eine gewisse Entlastung herbeigeführt werden, indem der oder die Zugwagen die Brücke allein überqueren und die Last alsdann mit Hilfe von Drahtseilen und Spill über die Brücke gezogen wird.

5.4 Ausrundungen der Strasse im Längenprofil

Bei Gefällsbrüchen, auf Buckeln und in Senken wird das Strassenlängenprofil ausgerundet. Je grösser die Fahrgeschwindigkeit ist, für die eine Strasse projektiert ist, um so grösser werden die Ausrundungsradien gewählt. Da die Ausnahmetransporte die Autobahnen in der Regel nicht benützen dürfen, sondern über Kantonsstrassen I., II., und III. Klasse sowie Gemeindestrassen führen, die keine Schnellverkehrsstrassen sind, müssen die Schwertransportwagen so gebaut werden, dass sie auch bei relativ engen Ausrundungsradien anstandslos laufen. Im Abschnitt 6 über die Transportmittel wird auf diesen Umstand noch besonders eingegangen.

5.5 Wenderadien (Tabelle 1)

Obwohl es selbstverständlich ist, sei der Vollständigkeit halber daran erinnert, dass die langen Transportwagen in Kurven entsprechend viel Platz beanspruchen. Die Spezial-Fahrzeuge können aber in beiden Richtungen angehängt werden und man kann daher im Notfall auch Spitzkehren befahren, was allerdings mit Zeitverlusten verbunden ist.

5.6 Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf den Strassenunterbau und die Brücken

Da mit der Zunahme der Fahrgeschwindigkeit vermehrt Schwingungen und damit zusätzliche Beanspruchungen für Strassenunterbau und Brücken entstehen, dürfen Ausnahmetransporte nicht rasch fahren. Das wiederum bringt für die schnelleren Verkehrsteilnehmer erhöhte Gefahren mit sich. Daher stellen sich die Polizeiorgane auf den Standpunkt, Ausnahmetransporte dürften die ausgesprochenen Schnellstrassen, die Autobahnen also, in der Regel nicht benützen.

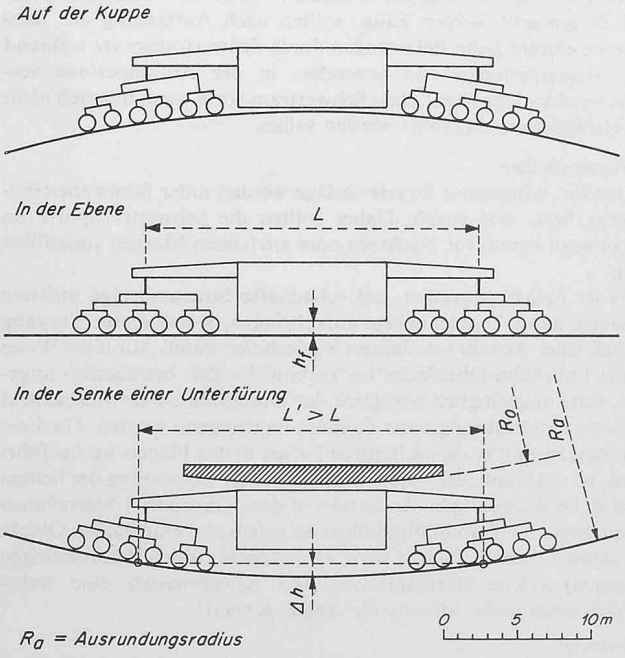

Bild 3. Fahrzeug für den Schwertransport

6. Die Transportmittel

Um den Strassenunterbau und die Brücken zu schonen, muss das Transportfahrzeug so gebaut sein, dass die Last auf eine grosse Fläche möglichst gleichmässig verteilt wird. Dieser Forderung dienen die Vorschriften, wonach die Belastung pro Achse einen bestimmten Betrag nicht überschreiten, die Zahl der Räder pro Achse mindestens 4, ihr Abstand auf der Achse möglichst gross sein soll, der Abstand der Achsen jedoch ein festgelegtes Mass nicht unterschreiten darf.

Mit Rücksicht auf die im Abschnitt 5.4 beschriebenen Forderungen der Brückenbauer wird auch hinsichtlich der Fahrzeuglänge ein Mindestmass gefordert.

Das heute für die schwersten auf der Exportroute zu transportierenden Güter verwendete Fahrzeug besitzt 16 Achsen, während für Transporte auf den Versorgungsrouten solche mit 12 Achsen eingesetzt werden. Bild 3 zeigt dieses «kleinere» Gefährt mit seiner Ladung, und zwar oben auf einer Strassenkuppe, in der Mitte bei Fahrt auf ebener Strasse und unten in der Senke einer eng ausgerundeten Unterführung. Dieses Schema lässt erkennen, dass bei Strassentransporten eine Bodenfreiheit von etwa 20 bis 30 cm unbedingt erforderlich ist und dass anderseits bei einer Ladehöhe von 4,8 m je nach Ausrundungsradius der Senke einige Dezimeter mehr freie Durchfahrshöhe erforderlich sind. Auf diese rein geometrischen Zusammenhänge ist in jedem Falle Rücksicht zu nehmen, wobei nochmals an allfällige Aufhöhungen durch Schnee und möglicherweise nachträglich aufgebrachte «Teppichbeläge» erinnert sei.

7. Kostenfragen

Da man von Seiten der Industrie und der Werke mit den gestellten Forderungen nicht über das hinausgeht, was früher verfügbar war, im Gegenteil sogar eine sehr spürbare Einengung in Kauf nehmen muss, stellten sich VSM und VSE bei den Verhandlungen auf den Standpunkt, dass diese Mehrkosten von der Strassenseite, also der Allgemeinheit zu tragen seien. Dieser Standpunkt ist aber leider von der Gegenseite noch nicht anerkannt worden. Man hat auf der Werk- und Industrieseite für diese Zurückhaltung volles Verständnis, denn bei vorbehaltsloser Anerkennung des Prinzipes fürchtet man, vielleicht nicht ganz zu Unrecht, dass die Forderungen stets gesteigert werden könnten. Die Verhandler mussten daher auch die Versicherung abgeben, dass die Forderungen endgültig seien und nicht jedes Jahr oder alle 10 Jahre durch neue, erhöhte Ansprüche ersetzt würden.

Diese «Endgültigkeit» gibt dem ganzen Problem auch eine schicksalhafte Bedeutung, denn bei den riesigen, im Strassenbau investierten Werten ist es ganz undenkbar, später alle Anlagen umzubauen und zu verstärken. Für Industrie und Werke bedeutet das Wissen um diese Verhältnisse, dass man weitsichtig planen und überlegen muss und ganz sicher nicht nur auf die Bedürfnisse von heute abstellen darf, sondern mindestens für mehrere Jahrzehnte vorausschauen muss.

Neben diesen eher düsteren Feststellungen gibt es aber auch einige erfreuliche Erkenntnisse. Berechnungen der Brückenbauer haben nämlich ergeben, dass die Mehrkosten für die erhöhte Tragfähigkeit der einzelnen Objekte nicht proportional der Belastung zunehmen, sondern sich noch in relativ bescheidenem Rahmen bewegen. Natürlich gibt es keine allgemein gültigen Zahlen, denn jedes Objekt ist wieder anders geartet. Als Anhaltspunkte können die in Tabelle 2 aufgeführten Werte genannt werden.

Bei Unterführungen verursachen die Forderungen nach grösserer lichter Höhe sehr verschieden hohe Mehrkosten. Hier gibt es viele Fälle, wo bei einer im Gefälle liegenden Brücke auf der bergseitigen Fahrbahn eine ausreichende Durchfahrtshöhe besteht, während die Talseite zu niedrig ist. Da sind keine Massnahmen nötig, weil man das Hindernis durch Ausweichen auf die falsche Fahrbahn umfahren kann. Schwierig und teuer werden Unterführungen, wenn man ins Grundwasser kommt oder wenn für die verlängerten Rampen zu wenig Raum zur Verfügung steht und wesentliche Umdispositionen nötig werden. Ab und zu wird man auch versuchen müssen, den oberen Verkehrsweg etwas anzuheben, damit der untere nicht zu stark abgesenkt werden muss.

Tabelle 2. Durch die erhöhte Tragfähigkeit bedingte Mehrkosten von Brücken

Strassentyp	Exportwege	Versorgungswege
Mehrkosten (%)	4–10	0,5–4

Man darf aber nicht nur die Mehrkosten der einzelnen Objekte betrachten. Richtiger ist es wohl, wenn die gesamten Wegekosten über längere Strecken miteinander verglichen werden, da ja die Hindernisse doch nur isoliert vorkommen. Man geht wohl kaum fehl, wenn auf zusammenhängende Strassenstrecken Mehrkosten von 0,2 bis allerhöchstens 1% in Rechnung stellt. Da nur ein kleiner Prozentsatz des Strassennetzes den Anforderungen für Ausnahmetransporte zu genügen hat, ist der Mehraufwand bezogen auf das ganze Strassennetz sicher nicht ins Gewicht fallend.

Diese Feststellung gilt aber nur, wenn die Forderungen der Industrie und der Werke qualitativ und quantitativ nicht überborden. Dabei ist es klar, dass in Ausnahmefällen die absoluten Mehrkosten für ein einzelnes Objekt eine beachtliche Grösse erreichen können.

Trotz der gesamthaft betrachtet eigentlich bescheidenen Mehrkosten, können diese im Einzelfall für einen finanzschwachen Kanton oder eine kleine Gemeinde unter Umständen untragbar hoch erscheinen. Es kam daher auch schon vor, dass sich Gemeinden auf die jetzt noch gültigen Vorschriften des ASF beriefen und Beiträge an die Mehrkosten ablehnten. Das kann man verstehen. Anfechtbar ist aber das Argument, dass für die «eigenen» Bedürfnisse bzw. für die Bedürfnisse des örtlichen Elektrizitätswerkes kleinere Durchfahrtshöhen und Lastnormen genügten. Bei oberflächlicher Betrachtung stimmen zwar solche Überlegungen, aber sowohl die kleinen und grossen Gemeindewerke wie auch alle anderen Wiederverkäufer-Organisationen haben grosses Interesse daran, dass ihre Energie-Lieferanten, die Regional- oder Stadtwerke, wirtschaftlich betrieben werden können. Jede Verteuerung für diese drückt sich schliesslich wieder im Liefertarif für jene aus. Produzenten, Verteiler und letzte Wiederverkäufer mitsamt ihren Kunden sitzen eben im gleichen Schiff. Es ist daher zu wünschen, dass auch die kleineren Werke für die Bedürfnisse und Nöte der grösseren Werke Verständnis aufbringen und ihrerseits bei ihren Gemeindebehörden für die Offenhaltung der Versorgungswege eintreten.

Mancher Betriebsleiter eines Gemeindewerkes, der heute glaubt, die Probleme der Versorgungsrouten gehen ihn direkt nichts an, wird später sehen, wenn der Umsatz zugenommen hat, dass seine Überlegungen nicht mehr stimmen, dann nämlich, wenn die bisherige Einspeisung in Mittelspannung nicht mehr genügt und ein neues Unterwerk errichtet werden muss. Sollten gar die hochgeschraubten Erwartungen hinsichtlich der elektrischen Raumheizung in Erfüllung gehen, dann wären wohl die meisten Transformatoren unter etwa 10 MVA durch grössere, an den Transportweg höhere Anforderungen stellende, zu ersetzen.

Die Darstellung in Bild 1 lässt auch erkennen, dass es falsch wäre, von der technischen Seite her eine Lösung zu erwarten, welche eine sprunghafte Verkleinerung der Maschinen und Apparate ermöglichen würde, obschon gewiss einiges verbessert werden kann. Technisch betrachtet könnte die Ausnützung der Supraleitung am ehesten eine ins Gewicht fallende Verbesserung herbeiführen. Dem stehen aber vorderhand noch grosse wirtschaftliche Hindernisse im Wege, so dass kaum vor Ablauf von etwa 20 Jahren mit einer Anwendung gerechnet werden kann.

8. Planung des Strassennetzes für die Ausnahmetransporte

8.1 Der Exportweg

Wie erwähnt, ist die Forderung nach einem Exportweg anerkannt. Das ASF wird zusammen mit den kantonalen Bauämtern für die Offenhaltung dieses Weges sorgen. Es muss aber damit gerechnet werden, dass der Verlauf desselben im Laufe der kommenden Jahre relativ oft geändert werden muss. Dies ist durch künftige Strassen-, Brücken- und Tunnelbauten bedingt. Erst in vielleicht 10 bis 15 Jahren wird die «Wunschroute» zur Verfügung stehen und selbst bei dieser handelt es sich nicht um die kürzeste Verbindung der verschiedenen Zielpunkte, so dass auch im Endausbau Umwege in Kauf genommen werden müssen. So schlimm jedoch, wie neulich bei einem Transport von Basel nach der Beznau wird es dann nicht mehr sein. Während die Luftlinie rund 55 km betrug, mass der Transportweg, Bild 4, rund 252 km, also etwa das 4,6fache. Je seltener eine Transportart vorkommt, um so eher können Umwege verschmerzt werden. Es wäre daher zu wünschen, dass die relativ häufigen Transformatorentransporte auf dem Versorgungsnetz nicht im selben Masse eingeengt würden. Aber die Hauptsache ist, dass man überhaupt noch ans Ziel kommt. Der Exportweg bildet naturgemäss das Rückgrat des ganzen Schwertransportnetzes, also auch für die Versorgung. Bild 5 zeigt die provisorischen und die im Endzustand angestrebte Wunschroute.

8.2 Die Versorgungsrouten

Allgemeines

Die Planung der Versorgungswege ist recht kompliziert und zeitraubend. Zum Teil rührt dies daher, dass viele Amtstellen (Gemeinden und Kantone) daran beteiligt sind. Erschwerend wirkt sich aus, dass alle diese Ämter durch die vielen im Gang befindlichen Strassenbauten dauernd überlastet sind. Bereits bei der Aufnahme der Arbeiten ergab sich die Notwendigkeit einer weitergehenden Differenzierung der Normen, weil sich schon beim damaligen Stand der Bau- und Projektierungsarbeiten grosse Schwierigkeiten abzeichneten. In allen Regionen drängte sich eine Verringerung der Forderungen in Berggebieten auf, wo ja kaum je grössere Industrien angesiedelt werden. Es wäre daher ungerechtfertigt, überall den gleichen Massstab anzulegen.

Zuordnung der Strassentypen zu den Anlagen

Für die Zuordnung der verschiedenen Strassentypen ist der voraussichtliche Endausbau der zu versorgenden Anlage massgebend. Bei reinen Turbinen-Anlagen ist dieser bekannt. Schwieriger ist es, die Endausbaugrösse von Pumpspeicheranlagen und von thermischen Kraftwerken abzuschätzen. In diesen Fällen erscheint es ratsam, auf die nächst höhere Strassenausbaunorm überzugehen. Für Verteilunterwerke, die ausschliesslich auf die niedrigste Verteilzwischenspannung transformieren, genügen wahrscheinlich die verminderten Anforderungen.

Regionale Besonderheiten

Für den Tessin musste ein Kompromiss in Kauf genommen werden. Da sowohl auf der Urner- als auf der Tessinerseite die neuen Tunneln nur 4,5 m lichte Höhe aufweisen (zum Teil sogar noch weniger), müssen Maschinen und Transformatoren für den Transport so weit zerlegt werden, dass sie mit der Bahn transportiert werden können. Im Tessin soll später für alle dortigen Unternehmungen eine zentrale, gut ausgerüstete gemeinschaftliche Montagehalle errichtet werden, in welcher der Zusammenbau, die allfällige Demontage sowie Reparaturen durchgeführt werden können. Für die regionalen Transporte innerhalb dieses Kantons und des Misox gelten für die Versorgungsrouten, mit Ausnahme der Leventina oberhalb Biasca, die Normalbedingungen.

Sehr schwierige Probleme stellen sich z. B. auch innerhalb der Stadt Zürich und auf der Strecke Lausanne–Villeneuve am Genfersee. Für diese Stellen sind noch besondere Studien nötig.

Temporäre Schwierigkeiten

Da unser Strassennetz mit all den kleinen und grossen Kunstbauten aus sehr verschiedenen Zeitepochen stammt, sind die zulässigen Belastungen sehr unterschiedlich. Selbstverständlich sollen mit der Zeit und bei sich bietender Gelegenheit entsprechende Umbauten vorgenommen werden. Es ist aber nicht zu vermeiden, dass vorläufig auf

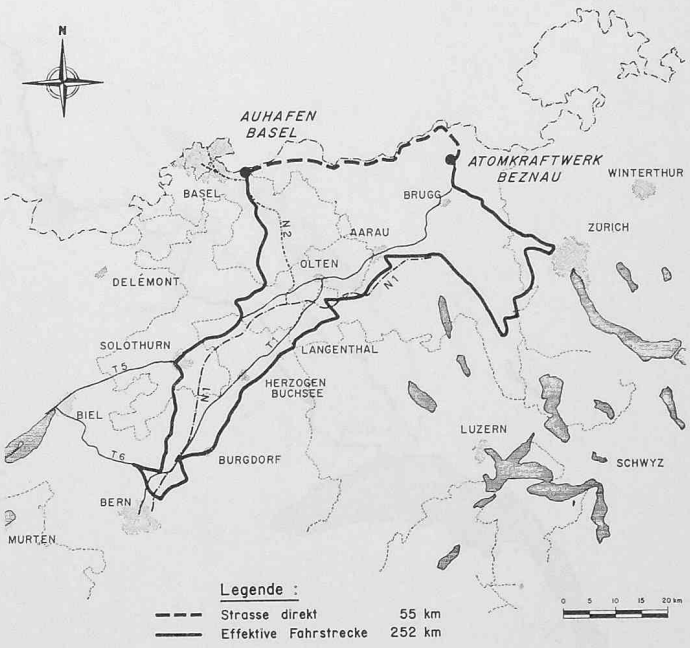

Bild 4. Transportweg von Basel nach Beznau

Tabelle 3. Normen für Schwertransporte

Strassentyp	Transportgewicht netto	brutto	Zulässige Breite	Minimale lichte Höhe bzw. zulässige Ladehöhe	Zulässiger Achsdruck
	t	t	m	m	t
Exportweg	320	480	6,5	5,2	30
Versorgungsnetz:					
Normalwege	180	240	5,0	4,8	22,5
provisorische Normalwege[1])	90	120	5,0	4,8	16
Nebenwege	60	90	4,5	4,8	12
Bergwege	60	90	4,5	4,8 bzw. 4,5[2])	12
Zum Vergleich:					
SBB	300	450	3,15-4,0[3])	4,4 bzw. 4,8[4])	

[1]) Sind mit der Zeit auf die für Normalwege im Versorgungsnetz vorgesehenen Normen umzubauen. Die provisorische Norm wird wahrscheinlich nötig, weil der Umbau derart vieler Kunstbauten nicht innert wenigen Jahren gefordert werden kann.

[2]) 4,5 m minimale lichte Höhe sind nur in Ausnahmefällen zuzulassen.

[3]) 4,0 m Ladebreite ist nur auf doppelspurigen Strecken und nur wenn eine Sperrung des Gegenverkehrs möglich ist, bei seitlicher Verschiebung der Last, zulässig.

[4]) Nur auf einzelnen, tunnelfreien Strecken kann die Ladehöhe 4,8 m betragen; Anfrage ist erforderlich.

die tatsächlichen Verhältnisse Rücksicht genommen werden muss, was zu weiteren Einschränkungen zwingt.

Vorgeschlagene und voraussichtlich noch notwendige Normen

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die von der Arbeitsgruppe vorgeschlagenen sowie über die voraussichtlich noch notwendig werdenden Normen.

Netzgestaltung

Heute, wo der geregelte Ablauf unseres Lebens weitgehend vom Funktionieren der Elektrizitätsversorgung abhängt, ist die Bevölkerung gegen Betriebsstörungen und Unterbrüche sehr empfindlich. Daher müssen die Werke dafür besorgt sein, allenfalls auftretende Schäden so rasch als möglich zu beheben. Dazu gehört auch das unverzügliche Auswechseln von Transformatoren. Dies ist um so wichtiger, als es sich die wenigsten Werke leisten können, in jedem Unterwerk grosse und teure Transformatoren-Einheiten in Reserve zu halten. Diese Überlegungen sind um so wichtiger, je dichter die Besiedelung ist und je mehr Industrie versorgt wird. Zu solchen Gebieten sollten daher die wichtigen Unterwerke unbedingt auf zwei Wegen erreichbar sein, denn gerade in den Ballungsräumen wird viel gebaut. Daher ist mit zahlreichen, zwar meist nur kurzzeitigen, Strassenaufbrüchen und Strasseneinengungen durch Baustellen (die jahrelang dauern können) zu rechnen. Das Schliessen der Versorgungsrouten zu Ringen kann aber leider bei der stürmischen Bautätigkeit nicht überall sofort verwirklicht werden. Man muss sich deshalb vielerorts damit zufrieden geben, dass die Ringschlüsse zwar vorgesehen, aber erst mit der Zeit ausgeführt werden. Leider ist auch diese Forderung von den Strassenfachleuten noch nicht anerkannt.

9. Stand der Planung

9.1 Allgemein (vgl. Bild 2)

Ende 1968 war die Planung in den Regionen IV, V, VI und VII abgeschlossen. In der Region III wird wegen verschiedenen Schwierigkeiten eine Überarbeitung nötig, so dass mit einer Verspätung gerechnet werden muss. Am wenigsten weit gediehen sind die Arbeiten in der Region II; man wird diese daher in zwei Gruppen unterteilen müssen.

9.2 Karte des Versorgungsnetzes

Das Versorgungsnetz soll auf der Landeskarte 1:100000 eingetragen werden. Da die Grenzen der Regionen natürlich nicht mit den Blatträndern der Landkarte zusammenfallen, können die Blätter erst herausgegeben werden, wenn das ganze Gebiet bearbeitet ist. Voraussichtlich wird die vollständige Karte etwa im Frühjahr 1970 erscheinen.

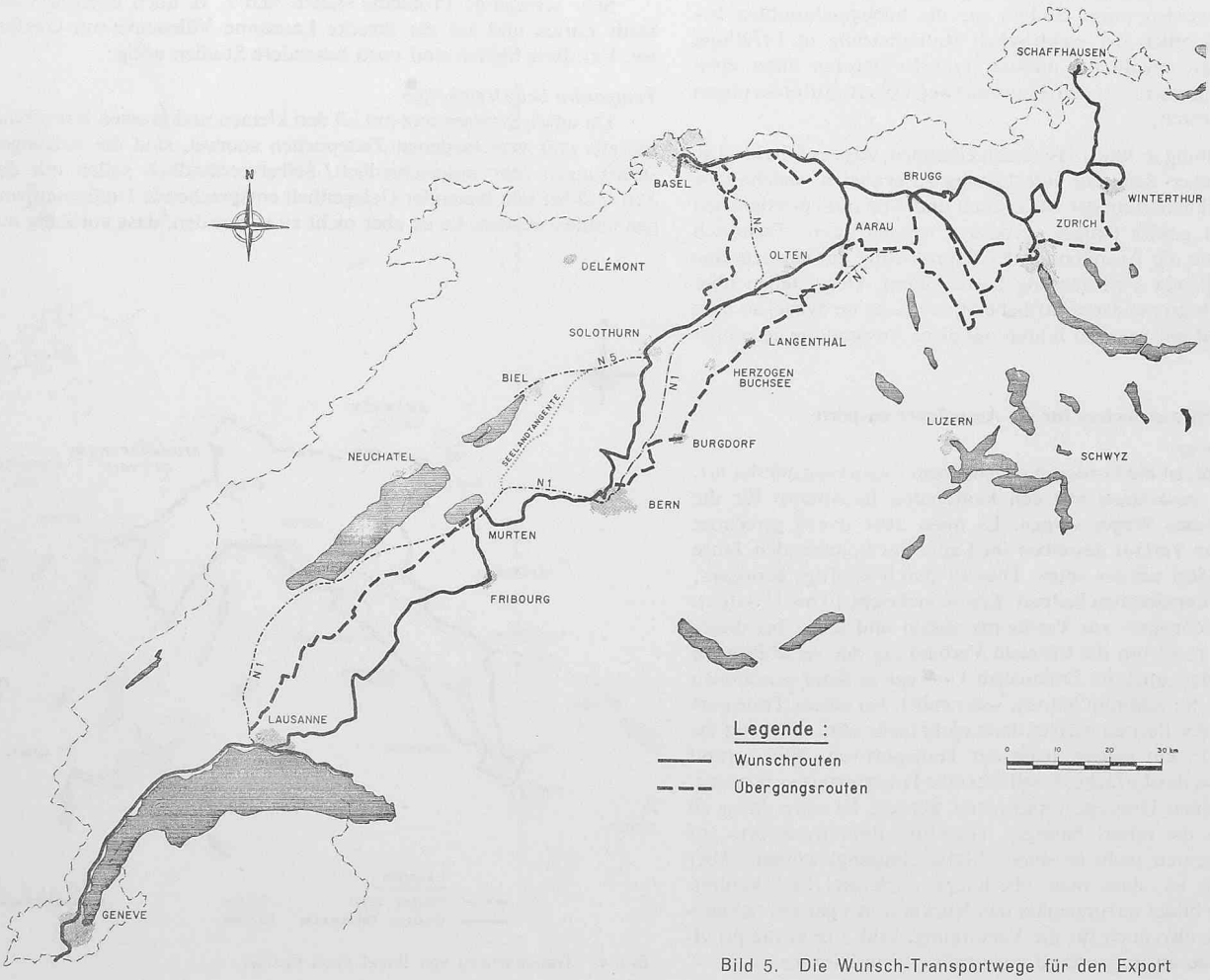

Bild 5. Die Wunsch-Transportwege für den Export

10. Schlussbetrachtungen

Es liegt im Interesse der Werke, die Entwicklung der Dinge aufmerksam zu verfolgen. Die Behörden sollen schon im Stadium der Projektierung auf allfällig entstehende Engpässe aufmerksam gemacht werden. Darüber hinaus lohnt es sich aber auch, schon bei der Wahl der Standorte neuer Werke und Unterwerke dem Transportweg (Durchfahrtshöhen, Durchfahrtsbreiten und maximal zulässige Belastungen) die volle Aufmerksamkeit zu schenken.

Wenn immer möglich sollten Schwertransporte nicht in Tauwetter-Perioden, aber auch nicht bei extrem hohen Temperaturen (Weichwerden der Teerbeläge) ausgeführt werden.

Wir Werkleute müssen auch die Argumente der Strassenbauer anhören und soweit als möglich darauf Rücksicht nehmen. Unsere Forderungen sind auf das unbedingt Nötige zu beschränken, wobei auch auf die zukünftige Entwicklung Rücksicht zu nehmen ist, weil an dem einmal geschaffenen Strassennetz Änderungen nur mit unverhältnismässig hohen Kosten möglich sind.

Verwendete Unterlagen

1. Bericht der VSS-Arbeitsgruppe für Ausnahmetransporte vom 1. Oktober 1964
2. Zwischenbericht der technischen Beratungsstelle vom 23. Mai 1967
3. Technischer Bericht der Arbeitsgruppe Versorgungsrouten an die kantonale Baudirektion Zürich vom 14. November 1967

Literaturverzeichnis

[1] «SEV-Bulletin» *55* (1964), Heft 3, Seiten des VSE, S. 26
[2] «SEV-Bulletin» *56* (1965), Heft 18, Seiten des VSE, S. 26
[3] «Motorlastwagen» *1968*, Heft 18, S. 41–53

Adresse des Verfassers: *Hans Wüger*, dipl. Ing., 8802 Kilchberg, Baldernstrasse 15.

Die sofortige Überprüfung von Staumauerdeformationen

DK 627.825.001.4

Von **N. Schnitter**, dipl. Ing. ETH, Baden

1. Einleitung

Der ständigen und regelmässigen Überwachung des Verhaltens von Talsperren durch Beobachtungen und Messungen wird seit geraumer Zeit die ihr zukommende Bedeutung geschenkt. Eher vernachlässigt wurde hingegen die rasche Interpretation der Messwerte und die sofortige Nachprüfung des ordnungsgemässen Verhaltens der Sperre, zum Beispiel durch Vergleich der gemessenen mit theoretisch oder statistisch vorausgesagten Werten. Nachfolgend wird ein seit mehreren Jahren erprobtes Verfahren beschrieben, welches erlaubt, die Deformationen von Bogenstaumauern, welche mittels Gewichts- oder Schwimmloten jederzeit rasch und zuverlässig gemessen werden können, sofort nach den Methoden der Statik nachzurechnen. Neben der angestrebten laufenden Überwachung des Verhaltens des Bauwerkes vermitteln solche Nachrechnungen auch eine ständige Kontrolle der Messinstrumente und -ablesungen selbst, da diese bei Auftreten von Diskrepanzen als erste nachzuprüfen sein werden.

2. Erfassen der Einflusswerte

Das zu beschreibende Verfahren beruht auf der Verwendung von Einflusswerten für die beiden an den Deformationen einer Bogenstaumauer hauptsächlich beteiligten Wirkungen, das heisst für die Stauspiegelschwankungen und die Betontemperaturen. Von letzteren müssen bei dicken Mauern im allgemeinen nur die gleichmässigen Temperaturänderungen berücksichtigt werden, während bei dünnen Sperren auch den Temperaturgefällen zwischen Wasser- und Luftseite eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung zukommt.

A. Einflusswerte für Stauspiegelschwankungen

Diese lassen sich sehr leicht ermitteln, indem, am besten anlässlich der endgültigen statischen Berechnung für das Ausführungsprojekt[1]), die gewünschten Deformationen für verschiedene Stauziele berechnet und die entsprechenden Biegelinien aufgezeichnet werden (Bild 1, b). Aus letzteren gewinnt man unmittelbar die Einflusslinien für die Deformation der Messpunkte in Funktion der Stauspiegellage (Bild 2).

B. Einflusswerte für Temperaturwirkungen

Analog wie für verschiedene Stauziele lassen sich die gewünschten Deformationen auch für Einheitstemperaturänderungen bzw. -gefälle auf verschiedenen Mauerhöhen ermitteln, wobei es unerlässlich ist, dem dreidimensionalen Charakter des Bauwerkes Rechnung zu tragen[2]). Die entsprechenden Biegelinien (Bild 1, c und d) erlauben nun die Bestimmung der Deformationen der Messpunkte infolge der Temperaturwirkungen auf gewissen, meist aus der statischen Berechnung übernommenen Mauerhöhen, die jedoch im allgemeinen nicht

[1]) Was zum Beispiel bei Verwendung einer Trägerrostmethode lediglich zusätzliche Belastungsglieder im Gleichungssystem für den Lastausgleich erfordert.

[2]) Was zum Beispiel bei Verwendung einer Trägerrostmethode einen Lastausgleich auch für die Temperaturwirkungen bedingt, wobei die gleichmässigen Temperaturänderungen primär nur die Bogen beeinflussen, während die Temperaturgefälle gleichzeitig auch auf die Konsolen wirken.

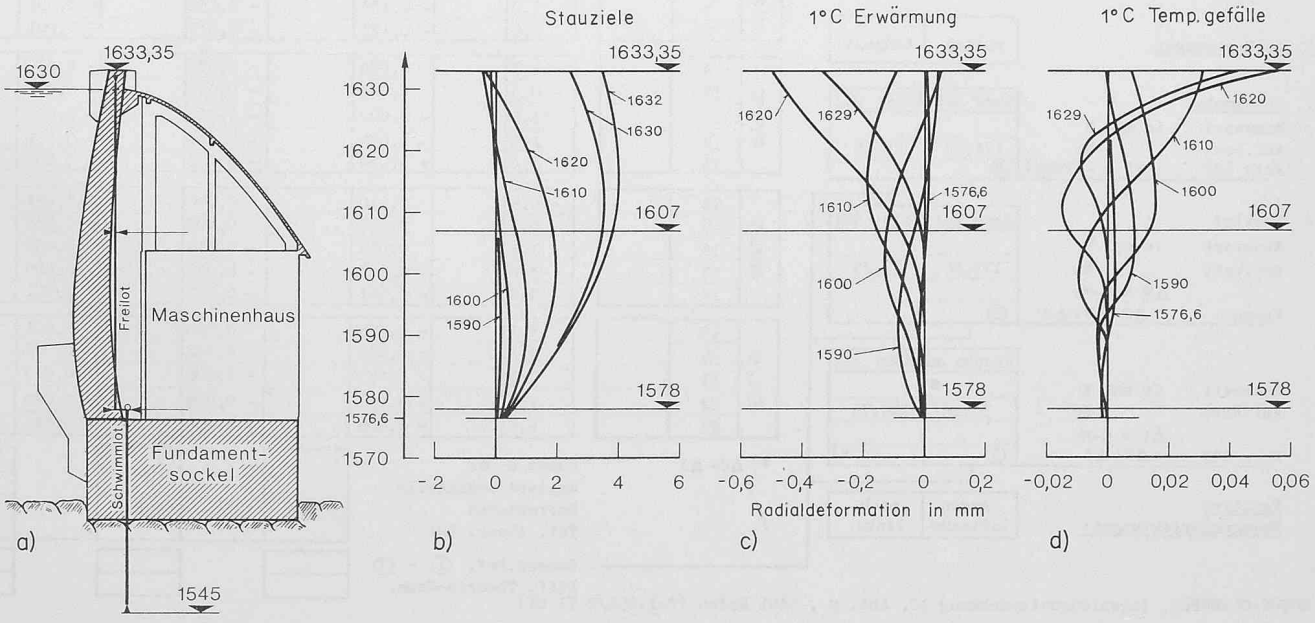

Bild 1. Horizontale Radialformationen im Hauptschnitt der Bogenstaumauer Ova Spin (a) für verschiedene Stauziele (b) bzw. Einheitstemperaturänderungen und -gefälle auf verschiedenen Mauerhöhen (c und d) auf Grund eines sechsschnittigen radialen Lastausgleichs