

Maschinenaggregate inkl. Generatoren 60—150 Fr. per PS eingesetzt haben. Diese Preise sind somit wesentlich niedriger als die heute in Betracht kommenden, speziell was die Druckleitungen anbelangt, die zur Zeit mit über 2000 Fr. per Tonne bezahlt werden (früher zirka 600 Fr.), also Preise, die direkt prohibitiv wirken und die Ausführung von grossen Projekten dieser Art heute sozusagen fast verunmöglichen.

Die totalen ausgerechneten Baukosten beziehen sich jeweils auf die fertige Kraftanlage bis und mit der Zentrale für den Ausbau auf Grund der konstanten Leistung eines wasserarmen Jahres, mit elektrischer Ausrüstung, aber ohne Transformatoren, also ohne alle Einrichtungen für die Fortleitung der Kraft und ohne irgendwelche Reserveanlagen für Bezug von Fremdstrom.

Der Unsicherheit, die bei Berechnung der Staumauerkubaturen bei so generellen Projekten, die für die schliesslich notwendigen Fundamenttiefen ganz ungenügenden Aufschluss geben, herrschen muss, wurde dadurch Rechnung getragen, dass ziemlich bedeutende Summen für Unvorhergesehenes eingesetzt und alle Ausmasse reichlich gehalten wurden.

Wir sind daher der Ansicht, dass bei der Bauausführung dieses oder jenes Werkes innert 5 bis 10 Jahren nach Friedensschluss die vorgesehenen Baukosten ungefähr eingehalten werden können.

Als Baumaterial für die grossen Talsperren kann aus finanziellen Rücksichten einzig und allein Beton in Frage kommen, wofür sich in der Thur und im Necker voraussichtlich genügend Material vorfindet, immerhin aber doch nicht so immense Quantitäten in der Nähe der Baustellen, wie Herr Ingr. Müller anzunehmen scheint. Die Sitter jedoch kann auf keinen Fall genügend Kiesmaterial für den Bau grosser Staumauern liefern, sodass dort der Bezug von auswärts zu erfolgen hat, was die Baukosten der Talsperren in jenem Gebiet um mindestens 10—15 % erhöhen wird, worauf wir bei der Kostenaufstellung Rücksicht genommen haben.

b) Die Betriebskosten.

Bei der Ausrechnung der Betriebskosten wurde eine Kapitalverzinsung zu 5 % sowie eine vollständige Kapitaltilgung innert der Dauer der Konzessionsfristen (60—80 Jahre) eingesetzt. Daneben sind jährliche Rücklagen in einen Erneuerungsfond vorgesehen, welche die Erneuerung der vergänglichen Anlagen, wie Maschinen, Apparate, Rohrleitungen, innert 25—30 Jahren (je nach der Art der Objekte) vorsehen, während eigentliche Abschreibungen nicht enthalten sind.

Für die baulichen Teile, wie Staumauern, Stollen etc., wurde eine Erneuerungsrücklage nicht für nötig befunden, da dieselben die Konzessionsdauer jedenfalls wesentlich überleben, sofern der Betrieb für sorgfältigen Unterhalt sorgt und dort entsprechende Posten zur Verrechnung gelangen.

Neben diesen indirekten Betriebskosten wurden die direkten nach Massgabe von Erfahrungszahlen bei bestehenden Werken und unter voller Berücksichtigung der vorliegenden Verhältnisse und des benötigten Personals für jedes einzelne Projekt berechnet und aufgestellt, ebenso die Wasserzinse und gewisse Steuerbeträge für jedes der betrachteten Werke berücksichtigt.

Da wir absichtlich nur die Gestehungskosten ab Zentrale konstatieren wollten, sind die Ausgaben für allgemeine Verwaltung, technische und administrative Leitung nur mit einem gewissen Prozentsatz aufgeführt. Beim Vergleich unserer Resultate mit denjenigen, die aus veröffentlichten Jahresberichten bestehender Werke herausgerechnet werden können, ist dieser Umstand daher gebührend zu berücksichtigen.

Den von uns berechneten Resultaten, die für jedes einzelne Projekt ausgerechnet wurden, möge hier noch beigelegt werden, dass nach verschiedenen auf gleicher Grundlage aufgebauten Aufstellungen einiger schweizerischer grösserer Werke die Gestehungskosten ab Sammelschienen inkl. Erneuerungsrücklagen bei keinem der besten und voll ausgenützten öffentlichen schweizerischen grösseren Werke weniger als 2,5—3,5 Cts. betragen und dies trotz den um 50—70 % billigeren Baukosten, die für

diese Werke aufgewendet wurden, als wir heute berechnen mussten. Es darf daher die Behauptung aufgestellt werden, dass es für neue Werke selbst bei den günstigsten Verhältnissen künftig kaum möglich sein wird, Strom zu einem Preis unter 4 Cts. ab Sammelschienen zu erzeugen. Saisonwerke mit variabler Leistung natürlich ausgenommen.

Auf gleicher Grundlage berechnet, betragen die Eigenkosten der Stromerzeugung, ab Sammelschienen ohne Uebertragung gerechnet, bei den St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerken bei einer Jahresenergieabgabe von 34 Millionen kWh (wobei 11 Millionen kWh Fremdstrom inbegriffen sind) 3,7 Cts., bei einem andern grössern, ausserordentlich billig und rationell arbeitenden Kraftwerk mit über 130 Millionen kWh Jahresleistung zirka 40 % weniger.

Da die Netze bei den meisten Werken ganz bedeutende Summen verschlingen, die oft nicht kleiner sind, als die Baukosten bis und mit der Zentrale, so kommen die effektiven Eigenkosten mit Einschluss des Netzes auf annähernd das Doppelte zu stehen, was besonders zu beachten ist (bei den St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerken, allerdings inkl. reichlichen Abschreibungen, auf 9,0 Cts.)

Es ist somit für die Beurteilung der Rentabilität ausserordentlich wichtig, ob ein neues Werk an ein bereits vorhandenes, technisch und administrativ gut geleitetes Werk mit einem ausgebauten Kraftverteilungsnetz angeschlossen werden kann, oder ob auch dieser Teil ganz neu geschaffen werden muss. Im ersten Fall werden sogar ziemlich hohe Eigenkosten, ab Zentrale gerechnet, künftig noch zulässig sein, während in letzterem Fall das ganze Werk unwirtschaftlich werden kann.

Man wird daher bestrebt sein müssen, neue Werke wenn immer möglich an bestehende anzugliedern, wodurch eine Rentabilität selbst bei wesentlich teuren Anlagen noch gefunden werden kann. Ein selbständiger Betrieb scheint dagegen besonders bei den von uns zu behandelnden Projekten kaum rationell und auch angesichts der Konkurrenz bestehender, ganze Landesteile umfassender Werke kaum möglich.

B. Die Projekte von Ingr. Müller.

Herr Ingr. Müller stellt verschiedene Projekte für Kraftzentralen an der Thur und Sitter auf, hat jedoch vorläufig nur dasjenige eines Staudammes am Necker zur Konzessionierung eingereicht, verlangt aber für die spätere Ausführung der andern Projekte die Priorität vor eventuell später auftauchenden dritten Bewerbern.

Im allgemeinen haben wir die Bemerkung vorzuschicken, dass eine wirklich rationelle Ausnützung von Sitter und Thur heute nur noch unter dem Gesichtspunkt möglich ist, grössere Wassermengen zu verwenden, als diese Flüsse bei Niederwasser bieten. Der Ersatz der bei Niederwasser fehlenden Wassermengen muss entweder durch Schaffung grosser Staubecken, durch Beiziehung von Ersatz- und Reservestrom von aussen, durch eigene Reserveanlagen oder schliesslich mittelst einer Kombination von Staubecken und Fremdstrombezug erfolgen. An Reserven mittelst Dampfturbinen oder Dieselmotoren kann heute und wahrscheinlich noch auf sehr lange Zeit hinaus wegen der um das Vielfache gesteigerten Kosten kaum gedacht werden und der zeitweise Bezug von Auslandstrom wird von Jahr zu Jahr schwieriger. Verhältnisse wie sie heute bei den St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerken bestehen, die dank eines ausserordentlich günstigen Stromlieferungsvertrages mit den Nordostschweizerischen Kraftwerken ein Wasserquantum ausnützen können, das das Sechsfache des Niederwasserstandes ausmacht (der Stausee Gübsen kommt für einen Saisonausgleich nicht mehr in Betracht), werden sich in der Zukunft nicht wiederholen, oder dann nur zu Bedingungen, welche die Ausnützung grösserer Wassermengen finanziell viel ungünstiger gestalten müssten. Wir glauben nicht stark fehlzugehen, wenn wir für derartige Ersatzkraft, die ja selten mehr als 1000 Gebrauchsstunden des Maximal-Effektes aufweist, für die Zukunft mindestens 8—10 Cts. per kWh mit einer minimalen Jahresgarantie von mindestens 50 Fr. per kW grösster Spitzenbelastung, *beides in Hochspannung von ca. 45,000 Volt im Werk gemessen*, annehmen. Für mit Dampfkraft erzeugte Reserven sind künftig, selbst wenn die Kohlenpreise wieder wesentlich sinken werden, mindestens 15—18 Cts. per kWh zu rechnen.

Die einzige richtige Lösung zur Erhöhung der Niederwasserleistung besteht somit in der Schaffung künstlicher Staubecken, und wir können uns daher mit der Tendenz der Müllerschen Projekte im allgemeinen durchaus einverstanden erklären.

Das Gesamtprojekt von Ingenieur Müller sieht folgende Einzelanlagen vor:

1. **Projekt:** Wasserkraftausnützung des Necker, von Anzenwil (Cote 588,00) bis zu seiner Einmündung in die Thur (Cote 546,00), Staumauer oberhalb Lütisburg, Centrale an der Thur nördlich von Lütisburg, Cote 545,00. Bruttogefälle 43,00 m, nutzbarer Stauinhalt 7,8 Mill. m³.
2. **Projekt:** Ausnützung der Thur von Mühlewies, Cote 568,00 bis Lütisburg, Cote 545,00, unter Benützung von Centrale 1. Staumauer 300 m oberhalb der Thurbrücke bei Lütisburg; Bruttogefälle 23 m, Stauraum 7,8 Mill. m³.
3. **Projekt:** Ausnützung der Thur von Mühlau bis Schwarzenbach, Cote 540,00 bis 520,00. Staumauer und Centrale 2 bei Schwarzenbach; Bruttogefälle 20 m, Stauinhalt 8,7 Mill. m³.
4. **Projekt:** Ausnützung der Thur von Oberbüren, Cote 489,00 bis Halden, Kt. Thurgau, Cote 462,00 mit Centrale 3 daselbst. Talsperre bei Ghögg (Grenze Thurgau-St. Gallen), Stauinhalt 14,5 Mill. m³, Bruttogefälle 27 m.

5. **Projekt:** Beiziehung der Sitter durch einen Zuleitungsstollen in den Stausee des 4. Projektes Stauung der Sitter bei Thürlewang von Cote 510,00 auf Cote 536,00 (bis Strassenbrücke Lehn) Stauinhalt 21,6 Mill. m³. Erste Ausnützung vor Eintritt in den Sammelweiher der Thur, zweite Ausnützung in Centrale 3. Bruttogefälle 47 bzw. 27 m.
6. **Projekt:** Ausnützung der Sitter von Spiesegg, Cote 568,00 bis Elektrizitätswerk Erlenholz (Billwiller), Cote 539,00, unter Benützung der Kraftstation dieses Werkes. Staumauer bei Erlenholz, Stauinhalt 10,1 Mill. m³, Bruttogefälle 29 m.

a) Kraftwerke an der Thur.

Es wird somit für die Thur ein successiver Ausbau von vier verschiedenen Stauanlagen und vier Gefällstufen vorgesehen, von denen die Anlagen Nr. 1 und 2 (Necker und Thur) in einer gemeinschaftlichen Centrale an der Thur, nördlich von Lütisburg, ausgenützt werden sollen, während die beiden andern Centralen räumlich weit von einander getrennt sind und Werk 4 mit dem dazu gehörigen Stausee auf dem Gebiet des Kantons Thurgau liegt. Die Gesamtkapazität der vier Stauseen soll nach den Angaben des Verfassers ca. 39 Millionen m³ betragen, und die bei gefüllten Staubecken ausnützbaren Gefälle:

Max. Bruttogefälle:		
a) beim Necker	Centrale Lütisburg	43 m
b) bei der Thur		23 m
c) bei der Centrale Schwarzenbach		20 m
d) bei der Centrale Bischofszell		27 m

Von der Thur sollen somit bis ca. 1 km unterhalb der Einmündung der Sitter rund 70 m ausgenützt werden, während auf dieser Strecke 106 m Gefälle vorhanden sind. Abzuziehen von diesem Gefälle sind die bestehenden, ganz oder teilweise in Mitleidenschaft gezogenen Werke von Birnstiel Lanz & Cie., Weberei Bazenhaid und Papierfabrik Bischofszell, die zusammen ein totales Bruttogefälle von 18 m aufweisen, sodass das gegenwärtig unausgenützte Gefälle dieser Strecke 88 m beträgt und bei Berücksichtigung der Müllerschen Projekte schliesslich noch 18 m unbenützt bleiben würden. Die Einzelgefälle der von Herrn Ingenieur Müller vorgeschlagenen Werke sind verhältnismässig klein und reduzieren sich bei der vom Verfasser beabsichtigten beinahe vollständigen Entleerung der Staubecken zu stark (beim Necker auf 23 m).

Die verfügbaren Wassermengen werden vom Projektverfasser auf Grund der von ihm berechneten Abflussmengen der Jahre 1912—1916 und mit Ausnützung des ganzen Stauraums des Necker- und Thurbeckens bestimmt. Nach seiner Aufstellung sollen folgende minimale Wassermengen konstant während 24 Stunden verfügbar sein:

	Einzugsgebiet: km ²	Total verfügbarer Abfluss:	Spezifisch. Abfluss:
		m ³ /Sek.	Lit./Sek./km ²
Necker	124	4,4	36
Thur bei Lütisburg (ohne Necker)	319	9,35	30
Thur bei Schwarzenbach	506	16,2	32
Thur bei der Kantonsgrenze	736	27	37

Diese von Herrn Müller als konstant für 24stündigen Betrieb ausnützbare angegebenen Wassermengen werden von jedem Fachkundigen zum vorhinein und ohne jede Nachrechnung als weit überschätzt betrachtet werden müssen, was an Hand der in Beilage enthaltenen Tabelle der heute wirklich vorhandenen, im Flussbett zum Abfluss gelangenden spezifischen Wassermengen eklatant nachgewiesen werden kann.

	Einzugsgebiet km ²	Jährliche Abflussmengen Lit./Sek./km ²	
		Minimal 1908/09	Maximal 1909/10
Necker, Pegelstation	81	33,2	66,3
Thur bei Lütisburg (inkl. Necker)	443	37,8	74,2
Thur bei Bischofszell	736	32,3	63,0

Die von Herrn Müller bestimmten nutzbaren Wassermengen würden daher die Grösse des ganzen Jahresabflusses eines wasserarmen Jahres erreichen, ja sogar überschreiten, während das wirklich nutzbare Fassungsvermögen von nur 12 Millionen m³ (nicht 25 Mill. m³ wie Herr Müller angibt) der drei obern Staubecken für ein Einzugsgebiet von gegen 500 km² viel zu gering ist, um auch nur die Hälfte des Jahresabflusses ausnützen zu können.

Der erste Fehler, der bei der Berechnung der Wassermengen unterlaufen ist, besteht darin, dass derselben nur die aussergewöhnlich wasserreichen Jahre 1912—1916 zu Grunde gelegt wurden, die zum Teil wesentlich (20—100 %) mehr Wasser geliefert haben, als die ungünstigeren Jahre 1907/08, 1908/09, 1910/11 und 1911/12. Dass infolgedessen die Angaben über die verfügbare Kraft ebenso sehr übertrieben und unhaltbar sind, wie diejenigen über die Wassermengen, geht Hand in Hand und braucht nicht näher erörtert zu werden. Es genügt, diese Angaben zur bessern Uebersicht und zur Vergleichung mit den Resultaten unserer Nachrechnung hier beizufügen, wobei nur kurz bemerkt werden soll, dass die Reduktion des Gefälles, die beim Sinken des Staues eintritt, bei der Berechnung der für eine konstante Leistung nötigen Wassermengen von Herrn Müller nicht genügend berücksichtigt worden ist:

	Konstanter Effekt	Sommereffekt
Centrale 1 Necker	1900 PS	3200 PS
Thur	1870 PS	3340 PS
Centrale 2 Schwarzenbach	3080 PS	5000 PS
Centrale 3 Bischofszell	6500 PS	11000 PS
	<u>13350 PS</u>	<u>22540 PS</u>

In technischer Beziehung ist vorerst hervorzuheben, dass sich das Thurtal im allgemeinen, wie sich durch persönlichen Augenschein und durch die Ausführungen des geologischen Berichtes von Herrn Dr. Hug ergeben hat, für die Anlage von Staubecken nicht schlecht eignet. Gegen die Ausführung von Talsperren grösserer Ausdehnung im obern Thur- und im Neckertal können keine Bedenken irgendwelcher Art gehegt werden. Die Flüsse haben sich überall in der erfahrungsgemäss im allgemeinen vollkommen wasserdichten Molasse (Sandstein, Mergel, Nagelfluh) eingeschnitten. Sohle und Seitenwände bieten vollständige Sicherheit gegen Wasserverluste und für die Aufnahme der Belastungen durch die Staumauern. Wir verweisen, ohne hier näher darauf einzutreten, auf die ausführlichen Darlegungen in beiliegendem geologischen Gutachten und erklären uns in allen Teilen mit seinen Ausführungen und Schlussfolgerungen einverstanden.

Für die von Herrn Ingenieur Müller vorgelegten Stauprojekte bei Lütisburg (Thur und Necker) darf angesichts ihrer niedrigen Staucote als Vorzug betrachtet werden, dass verhältnismässig wenig kultivierter Boden in Anspruch genommen und Lütisburg geschont wird.

Die Situation des Flusslaufes von Thur und Necker gestattet es, das Gefälle dieser beiden Stauseen mittelst kurzer Zuleitungen (300 und 600 m) in einer einzigen Centrale auszunützen, was als vorteilhaft zu bezeichnen ist, sowenig sonst die Erstellung von zwei Staumauern, die zusammen

die enorme Mauerkubatur von 100,000 m³ erfordern, willkommen ist. Da überdies ein Stausee im Necker wegen seines starken Gefälles und der geringen Breite trotz grosser Höhe der Talsperre nur einen relativ recht geringen nutzbaren Stauraum aufweist, kann die vorgeschlagene Anordnung und speziell die angenommene Stauhöhe an der Thur nicht als günstig bezeichnet werden, obwohl, wie bereits erwähnt, die vorgesehenen Stellen sich geologisch und technisch gut eignen.

Weniger günstig gestalten sich die Verhältnisse bei der vorgesehenen Staustelle in der Nähe der Eisenbahnbrücke bei Schwarzenbach. Dort verliert sich der Molassefels, wie auch der Geologe nachweist, schon auf der Cote 530, während Müller den Stauspiegel auf 540 setzt. Man wäre somit genötigt, rechts und links weit in die überlagernde Moräne mit 10—12 m tiefen Schlitten hineinzuschachten, was gewaltige Mehrkosten und wahrscheinlich eine ungenügende Sicherheit gegen Durchsickerung durch den stark kiesigen Moräneschutt bringen würde. Gegen die Verbindung der Talsperre mit einer neuen Bahnbrücke sprechen daneben noch weitere Gründe, wie der Ueberlauf, die Stationslage usw.

Eine bessere, allerdings breitere Stelle für die Talsperre findet sich etwa 300 m oberhalb der Bahnbrücke, wo sich wenigstens auf der rechten Seite der Fels bis über 540 m erhebt. Dagegen scheint der Fels in der Flusssohle und gegen das linke Ufer sehr tief zu liegen und dadurch aussergewöhnlich tiefe und weit in den rechten Hang hineingreifende Foundationen zu bedingen. Wir haben zwar die Grösse dieser Staumauer auf Grund von Annahmen zu bestimmen gesucht, müssen aber zugeben, dass die Mauer unter Umständen auf dem linken Ufer noch weit grössere Dimensionen annehmen könnte. Zuverlässige Anhaltspunkte hierüber und damit auch über die Kosten dieser Sperre können erst gegeben werden, wenn durch Probeschächte auf dem linken Ufer der Verlauf des Felsens mit Sicherheit nachgewiesen ist. Da das Thurgefälle auf dieser Strecke kleiner ist, dürfte die Anordnung der Zentrale unmittelbar unterhalb der Staumauer mit einer kurzen Druckleitung gegeben sein.

Während somit für die Staumauern bei Lütisburg, bei Mühlau und event. auch bei Jonschwil annähernd sichere Schätzungen über die Fundamenttiefen und die Kosten von Talsperren aufgestellt werden können, ist dies für Schwarzenbach und besonders für die von Herrn Müller an der Kantons-grenze oberhalb Bischofszell vorgeschlagenen Talsperren nicht der Fall. Bezüglich der letztern sagt Herr Dr. Hug im zweiten Teil seines Berichtes auf Seite 5, dass zwar auf beiden Flanken ein Anschluss an gewachsenen Fels möglich sei, dass sich aber auf dem rechten Ufer eine wenigstens 150 m breite Schotterstrasse befinde, deren Basis höchst wahrscheinlich noch unter die heutige Flusssohle hinunterreiche, sodass man auf einer Breite von über 250 m mit einem tiefliegenden Fels zu rechnen hätte. In unserem, den Berechnungen zu Grunde liegenden Profil haben wir eine durchschnittliche Fundamenttiefe unter Flusssohle und Hang von 7 m angenommen. Wenn die Befürchtungen des Geologen eintreffen, muss die Felsoberfläche unter der Flusssohle, also noch etwa 150 m weiter gegen das rechte Ufer in annähernd gleicher Höhe bleiben, wodurch sich die von uns zu 24000 m³ berechnete Mauerkubatur und damit die Baukosten mindestens verdoppeln müssten.

Wir wollten diese Verhältnisse nur erwähnen, um darzutun, dass die von uns berechneten Baukosten der Werke durchaus nicht übersetzt sind, sondern dass sie speziell für die Stauseen Schwarzenbach und Bischofszell unter Umständen um Millionen grösser ausfallen können. Jedenfalls müssen wir hiefür alle und jede Verantwortung ablehnen, da eine zuverlässige Kostenberechnung nur auf Grund von genauester Kenntnis der Fundamentverhältnisse möglich ist. Da diese auch auf die Gestaltung des Ueberlaufes und des Grundablasses ihren Einfluss ausüben, stehen wir gerade bei diesen beiden Talsperren vor einer unangenehmen Ungewissheit.

Bezüglich der allgemeinen Lage und des Einflusses der Stauseen auf die landschaftliche Schönheit ist zu sagen, dass die obern drei Seen in den tief eingeschnittenen Schluchten der Thur und des Neckers vorgesehen sind und daher von den sie umgebenden Strassen und der Bahn aus nur an

wenigen Stellen direkt sichtbar sind. Auch werden die bei abgesenktem See blosgelegten Flächen infolge der steilen Ufer nur einen kleinen Umfang annehmen und auch nur an wenigen Stellen sichtbar sein. Der unschöne Anblick blosgelegter und verschlammter Flächen wird daher bei den tiefliegenden Staubecken im obern Thurtal nur in beschränktem Umfang mit in den Kauf genommen werden müssen.

Anders gestalten sich die Verhältnisse beim Stausee Niederbüren. Hier wird ein grosses, breites und offenes Tal überschwemmt und zwar in den obern Stufen nur mit wenigen Metern Wassertiefe, sodass der obere und flache Teil sehr oft abgesenkt und verschlammt von weitem allen Blicken ausgesetzt sein und alsdann ein gänzlich anderes Bild bieten wird, als jetzt, wo nur die Geschiebeablagerung des Ueberschwemmungsgebietes ohne Schlammablagerung sichtbar ist.

Bei Oberbüren werden sich am obern flachen Ende des Staubeckens sehr bald gewaltige Geschiebemassen ablagern — sofern nicht vor Erstellung dieses Stausees weitere Stauseen im obern Toggenburg gebaut werden —, was unter Umständen für das ganze benachbarte kultivierte Gelände nach und nach eine stets weiter hinaufreichende Versumpfung und Verschotterung nach sich ziehen wird, während all diese misslichen Verhältnisse bei den in tiefen Schluchten liegenden Stauseen weiter oben in der Thur, im Necker und in der Sitter nicht eintreten. Die Ausführung dieses Staubeckens ist also auch in dieser Hinsicht ganz an das Schicksal der obern Projekte gekettet.

Bei dieser Gelegenheit möchten wir nicht unterlassen, eindringlich auf das Risiko und die Gefahr hinzuweisen, welche mit dem Bau von hohen Talsperren an grössern Flüssen wie Thur und Sitter verbunden sind und möchten davor warnen, solche Bauten als etwas Selbstverständliches und Einfaches zu betrachten. Speziell sei erwähnt, dass die unschädliche Ableitung der Flüsse während der Bauzeit und das Abführen des überschüssigen, bei vollem See überlaufenden Wassers zu den schwierigsten und teuersten Arbeiten gehört. Aussergewöhnliche Hochwasser, die bei der Thur 500 m³ und bei der Sitter 350 m³ erreichen, können während des Baues nur teilweise seitlich abgeleitet werden und man hat zu riskieren, dass die unvollendete Talsperre überflutet und beschädigt werden könnte.

Diese kaum vorher zu taxierenden Schwierigkeiten treten bei allen Talsperren auf, ob sie nun 30 oder 50 m hoch seien, und es ist gründlich zu überlegen, ob man für kleinere Kraftanlagen, als welche sämtliche von Herrn Müller projektierten zu taxieren sind, überhaupt auf ein solches Risiko eintreten darf.

Die Ausführung der beiden untern Staubecken, besonders desjenigen bei Schwarzenbach, ist übrigens nur dann möglich und kann nur dann wirtschaftlich noch einigermassen in Betracht fallen, wenn vorher die obern Staubecken an der Thur und dem Necker erstellt werden. Allein für sich hat das Schwarzenbacher Becken und die Centrale 2 keine Bedeutung, während das untere Becken bei Niederbüren wenigstens für den Kanton Thurgau trotz des geringen Gefälles (27, 25 m) und der zu langen Druckleitung (1500 m) von einigem Wert wäre. Dieses Werk eignet sich wegen der grossen Wassermenge und der langen Druckleitung aber nicht zur Deckung von Spitzen, die über das 1½fache des mittleren Jahreseffektes hinausgehen.

Da somit zum vorhinein berechnete Zweifel an der Richtigkeit der Müller'schen Berechnungen bezüglich der möglichen Gefälle und des nutzbaren Stauraumes, wie über die verfügbaren Wassermengen und Leistungen auftauchen mussten, sahen wir uns veranlasst, der Aufstellung eigener Vorschläge und Projekte für die rationelle Ausnützung der Thur vorgängig, die Müller'schen Projekte nach ihren massgebenden Grundlagen genau durchzurechnen und diese unter Belassung der angenommenen Staubecken, Stauhöhen und Kraftzentralen richtig zu stellen. Dabei leitete uns das von Herrn

Ingenieur Müller leider völlig ignorierte Prinzip, dass eine wirklich konstante Kraft jederzeit, auch in den ungünstigsten und wasserärmsten Jahren, zur Verfügung zu stehen hat, und dass bei einer Ausnützung von mittleren Jahren und mittleren Wassermengen für eine entsprechende Hilfskraft gesorgt werden muss, welche die in schlechteren Jahren fehlende Leistung zu ersetzen hat.

Die nach diesen Grundsätzen eingehend durchgeführten Berechnungen sind in den Beilagen graphisch und tabellarisch dargestellt und ergeben folgende Hauptresultate:

		Necker		Thur					
		Lütisburg		Lütisburg		Schwarzenbach		Bischofszell (inkl. Sitter)	
		I	II	I	II	I	II	I	II
<i>Staumauern.</i>									
Höhe über Fundament	m	40		30		29		22	
Kubatur	m ³	72 000		25 000		41 000 (unsicher)		24 000 (unsicher)	
<i>Staubeckeninhalt.</i>									
Total	Mill. m ³	6,8		8,4		7,3		14,5	
Nutzbar	Mill. m ³	5,0		3,2		3,8		10,3	
<i>Gefälle.</i>									
Bruttogefälle	max. m	43		23		20		27	
"	min. m	30		18		15		22	
Mittleres Nettogefälle	m	42,20	40,30	22,70	22,15	19,52	19,02	25,75	25,23
<i>Wasserverbrauch.</i>									
Jahresmittel	m ³ /Sek.	1,45	2,28	2,41	4,23	5,00	6,27	11,75	14,00
Mittlerer Verbrauch während einer Winterwoche	m ³ /Sek.	2,00	3,00	3,2	5,7	6,7	8,4	15,6	18,7
Für maximale Winterbelastung (Spitzen)	m ³ /Sek.	5,00	7,5	8,0	14,0	17,0	21,0	20,0*	24,0
<i>Leistungen.</i>									
Mittlerer Jahreseffekt	PS	605	980	545	990	975	1240	3030	3640
Max. Effekt (Ausbaugrösse)	PS	1620	2600	1450	2640	2600	3300	5000	6000
Jahresarbeit	Mill. kWh	3,54	5,72	3,18	5,79	5,70	7,24	17,70	21,27
<i>Hilfskraft.</i>									
Mittlerer Jahreseffekt	PS		60		53		55		110
Maximaler Jahreseffekt	PS		1000		1000		740		1900
Mittlere Jahresarbeit	Mill. kWh		0,35		0,31		0,32		0,64
Maximale Jahresarbeit	Mill. kWh		1,40		1,24		1,28		2,57

I = ohne Hilfskraft (massgebend 1908/09)

II = mit " " 1911/12)

* Spitzendeckung durch Kraftwerk Erlenholz.

Aus vorstehenden Zahlen ist folgendes ersichtlich:

Das Werk am Necker liefert im ungünstigsten Jahr (1908/09) der Periode 1904—1917 nur eine Jahresarbeit von 3,54 Millionen kWh, die im Durchschnittsjahr (1911/12) auf 5,72 Millionen kWh steigen kann. Noch schlechter stellt sich das Resultat für die Thur allein, da dieses Werk nur 3,18 bzw. 5,79 Millionen kWh leisten kann. Die in einer Zentrale vereinigten Werke Necker und Thur werden folgende Resultate ergeben:

		I	II
		Ohne Hilfskraft	Mit Hilfskraft
Mittlerer Jahreseffekt	PS	1150	1970
Spitzeneffekt	PS	3070	5240
Jahresleistung	Mill. kWh	6,72	11,51

Diese ganz unbefriedigenden Resultate rühren davon her, dass die Gefälle viel zu klein sind und die Dimensionen der Stauseen, speziell für die Thur, in keinem richtigen Verhältnis zu den Einzugsgebieten stehen. Die von uns berechneten verfügbaren Wassermengen erreichen selbst in mittleren Jahren nur ungefähr die Hälfte derjenigen, die Herr Müller zu Grunde gelegt hat, während sie für ein wasserarmes Jahr nur $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ ergeben.

Müller		ohne	Experten Hilfskraft	mit
Necker	4,43 m ³ /Sek.	1,45 m ³ /Sek.	2,3	m ³ /Sek.
Thur, Lütisburg	9,35 "	2,41 "	4,13	"
Schwarzenbach	16,20 "	5,00 "	6,27	"
Bischofszell	27,0 "	11,75 "	14,00	"

Während nach Müller (siehe Seite 24) die jährlich ausnützbare Wassermenge beinahe gleich gross wäre wie die wirklich im Fluss abgelaufene Jahreswassermenge, erhalten wir im trockensten Jahr ohne Hilfskraft für Necker 35 0/0, für Lütisburg (Thur) nur 19 0/0, für Schwarzenbach 26 0/0 und für Bischofszell 36 0/0, während bei stärkerer Ausnützung mit Hilfe von Reservekraft die ausnützbare Wassermenge auf 55, 34, 33, 42 0/0 des minimalen Jahresabflusses steigt.

Um solch ungenügende Resultate und einen nutzbaren Stauraum von nur 8,2 Millionen m³ zu erhalten, der nicht grösser ist als derjenige beim Stausee an der Lank, wofür aber eine um 60 0/0 kleinere Mauerwerkskubatur notwendig ist, braucht man nicht zwei grosse Talsperren mit zirka 100 000 m³ Mauerwerkskubatur mit allen, mit solchen Bauwerken verbundenen Inkonvenienzen und Risiken. Dass *diese* Zentrale auch finanziell ungünstig und nicht wirtschaftlich wird, liegt auf der Hand und wird auch durch die Betriebsrechnung nachgewiesen.

Das Werk Schwarzenbach leistet ohne Hilfskraft nicht ganz so viel wie Lütisburg, während die Zentrale Bischofszell infolge der grössern Wassermenge wieder etwas günstigere Resultate ergibt.

Beide untern Zentralen stehen ganz und gar unter dem Einfluss der Zentrale Lütisburg und können als selbständige Werke ohne obere Stauseen gar nicht in Frage kommen. Mit Lütisburg müssen auch die untern Projekte dahinfallen.

Die Bau- und Betriebskosten sind in einem Heft für die Projekte von Ingenieur Müller, in einem zweiten Heft für die von uns in Vorschlag gebrachten Werke detailliert aufgeführt. Die Schlussergebnisse und wichtigsten Angaben hierüber finden sich überdies für alle studierten Projekte in den Beilagen übersichtlich zusammengestellt.

Um zu einer vollständig gleichartigen Vergleichsbasis zu gelangen, wurden alle Projekte unter Zugrundelegung des ungünstigsten der betrachteten Jahre (1908/09) berechnet und auch die Leistung und Jahresarbeit hierauf abgestellt. Ebenso blieb die Möglichkeit des Absatzes von Sommer- oder Abfallkraft unberücksichtigt. Dagegen sind in der Tabelle die *möglichen Leistungen* in mittleren Jahren durchgerechnet worden, ebenso die dafür nötige Leistung von Hilfsanlagen; auch wurde in einer Tabelle die Grösse der Sommerkraft annähernd berechnet und zusammengestellt.

Wenn daher auch die Gestehungskosten bei Ausnützung der mittleren Wassermengen berechnet werden wollten, müsste dies unter Berücksichtigung der hierfür aufzuwendenden grossen Kapitalien für Erweiterung von Rohrleitungen, Stollen, Erhöhung der Ausbaugrösse, Erstellung allfälliger Hilfszentralen oder Ausgleichbecken für Spitzendeckung, Einrichtungen zum Bezug von Fremdstrom und Kosten desselben, sowie der durch letztern entstehenden Betriebsausgaben geschehen.

Die Schlussresultate der *Bau- und Betriebsrechnungen*, auf die Leistungen des ungünstigsten Jahres begründet, ergeben folgendes Bild:

		Zentrale 1			Zentrale 2	Zentralen 1 und 2
		Necker	Thur	Zusammen		
A. Anlagekosten:						
Total	Millionen Fr.	5,411	3,180	8,591		
Per PS des mittleren Jahreseffektes	Fr.	9000	5850	7450	4,826	13,417
Per PS der Ausbaugrösse	Fr.	3340	2200	2800	4850	6320
					1860	2370
B. Betriebskosten:						
Total	Fr.	373000	225000	598000	352000	950000
Per kWh der Jahresarbeit	Cts.	10,5	7,1	8,9	6,2	7,7
Per PS des mittleren Jahreseffektes	Fr.	615	410	520	360	450
Per PS der Ausbaugrösse	Fr.	230	155	195	135	170

Aus vorstehender Zusammenstellung geht hervor, dass die Bau- und Betriebskosten, bezogen auf eine Leistung, wie sie auch in einem wasserarmen Jahre möglich wird, ganz aussergewöhnlich hohe sind. Bei den kombinierten Anlagen (Thur und Necker), Zentrale 1, kommen wir zu einer Baukostensumme von 8,6 Millionen Fr., was per PS der Ausbaugrösse 2800 Fr. und per PS des mittleren Jahreseffektes 7450 Fr. ausmacht, während die Betriebskosten auf 9,5 Cts. per kWh absetzbarer Arbeit zu stehen kommen. Eine wesentliche Besserung der Betriebsresultate würde natürlich dann eintreten, wenn es möglich wäre, durch Beschaffung von Hilfskraft oder Bezug von Fremdstrom, die Leistungen eines mittleren Jahres auszunützen, die dann von 6,30 auf 11,5 Mill. kWh steigen würden, während sich die Gestehungskosten unter Berücksichtigung der für die grössere Kraftleistung nötigen Verstärkung der Maschinen und der Kosten des Fremdstromes auf 6 1/2 Cts. per kWh reduzieren würden. Rechnet man dazu noch allfällige, aber unsichere Einnahmen aus der Abgabe von inkonstanter Sommerkraft, wofür bei Ausnützung der mittleren Jahre etwa 4 Millionen kWh zur Verfügung ständen, die einen Ertrag von höchstens 50000 Fr. oder 10% der gesamten Betriebskosten ergeben würden, so würde man auf etwa 6 Cts. per kWh kommen.

Wir haben jedoch davon abgesehen, in unseren Rechnungen diese ungewissen und kaum abzuschätzenden Einnahmen zu taxieren, und können bei der Ungewissheit, ob überhaupt Hilfskraft erhältlich sei, nur von den Leistungen und Kosten der absolut konstanten Kraft auch in den wasserarmen Jahren ausgehen, was wir auch für alle weiter zu behandelnden Projekte tun werden. Die Vergleichsbasis wird dann eine durchaus gleiche und durch willkürliche Annahmen unbeeinflusste.

Durch die vorgenommenen Untersuchungen der modifizierten Müller'schen Projekte wurde der Beweis erbracht, dass mit der Ausführung derselben keine erschöpfende und vollständige Ausnützung der Wasserkräfte von Thur und Necker erzielt werden kann.

Die vorgesehenen Staubecken sind zu klein und gestatten einen genügenden Ausgleich der jährlichen Abflussmenge nicht einmal im ungünstigsten Jahr der Periode 1904/1917.