Schmidt,
Die
Wupper

Die Wupper

•••

Von
Albert Schmidt, Lennep

Zweite vermehrte Auflage

LENNEP
Verlag von R. Schmitz
1913

£ 10,-

Die Wupper

Niederschlagsverhältnisse, Wasserabfluß und seine Regulierung, sowie industrielle Benutzung

von

Albert Schmidt
Architekt in Lennep

Mit Zeichnungen, 30 graphischen Darstellungen, Tabellen und Textillustrationen.

Zweite vermehrte Auflage.

Lennep
Verlag von R. Schmitz.
1913.

10.-

Inhaltsverzeichnis.

Seite

1. Vorwort 5
2. Allgemeines 7
3. Das Flußgebiet der Wupper in geographischer und geognostischer Beziehung 10
4. Die Niederschlagsverhältnisse im Wuppergebiet . . . 12
5. Der Wasserabfluß der Wupper 17
6. Die Regulierung der Wupperwasserabflüsse 30
7. Talsperren im Wuppergebiet zu Wasserleitungszwecken 45
8. Der Hochwasserschutz durch die Talsperrenanlagen . . 66
9. Die Wupperwehre 78
10. Die Industrie im Wuppergebiet 82
11. Projekte von neuen Wasserkraftanlagen im Wuppergebiet 92
12. Die Landwirtschaft im Wuppergebiet 104
13. Schlußbetrachtung 105

Vorwort.

Die Messungen der Niederschläge und der Wasserabflüsse im Wuppergebiet sind in den 10 Jahren nach dem Erscheinen dieses Buches weiter fortgesetzt worden.

In den Jahren 1882 bis 1902 wurden die Wasserabflüsse der Wupper an dem sich dafür sehr gut eignenden Stauwehr zu Dahlhausen gemessen. Nach den Talsperrenbauten im oberen Wuppergebiet, besonders nach dem Bau der Talsperren für Wasserleitungen, von denen ein grosser Teil des Wassers an Dahlhausen vorbei geleitet wird, war die Wassermessung in Dahlhausen zwecklos, da dort doch nur ein Teil des Zuflusses gemessen werden konnte.

Es wurden deshalb an einzelnen sich dafür eignenden Bächen Messwehre angelegt, an welchen die Zuflüsse zu den Wuppertalsperren durch selbstregistrierende Apparate gemessen und berechnet werden konnten. Diese Messungen sind alsdann auf das Niederschlagsgebiet von Dahlhausen übertragen worden, um vergleichsfähige Darstellungen des Wupperabflusses zu erhalten, durch welche ein dreissigjähriges Mittel berechnet werden konnte.

In vorliegender Neuauflage des Buches sind die 30 Jahrestafeln der Wasserabflüsse in Dahlhausen und der Niederschläge in Lennep bis zum 1. Januar 1912 eingeheftet worden.

Ausserdem ist das Werk erheblich erweitert worden durch eine eingehende Beschreibung der Wasserleitungsanlage und Talsperrenerweiterung in Lennep, durch Beschreibung der Neyetalsperre für Remscheid, der Kerspetalsperre für Barmen und der Ersatztalsperre für das entzogene Wupperwasser durch die Talsperren für Wasserleitungszwecke, der Bruchertalsperre bei Marienheide. Ferner ist die Anlage eines Ausgleichsweihers oberhalb Wipperfürth sowie das projektierte Hochwasserschutzbecken in

Hammerstein beschrieben und durch beigeheftete Zeichnungen dargestellt worden. Eine Menge Photographien der Talsperren, in fertigem Zustande und während des Baues aufgenommen, sind zum Teil im Text gedruckt, zum andern Teile beigeheftet worden.

Möge diese erweiterte und ergänzte zweite Auflage des Werkes von dem sich für Wasserbau interessierenden Publikum günstig beurteilt und aufgenommen werden.

Lennep, im August 1912.

Albert Schmidt.

Allgemeines.

Die Wupper läßt sich in ihrem Laufe vergleichen mit dem häufig vorkommenden Lebenslauf eines Menschen, der in der reinen unverdorbenen Atmosphäre des Landaufenthaltes seine Jugendzeit zubringt und durch die spätere Versetzung in die großen Städte verdorben wird.

Der muntere Knabe vom Lande wird durch die in Städten sich bietende Gelegenheit zum bösen Lebenswandel so umgewandelt, daß sein ferneres Leben sich vollständig anders gestaltet und von der schönen Jugendzeit nichts mehr geblieben ist. Die Wirkungen des Stadtaufenthaltes haften an ihm bis zum Ende seines Daseins, obwohl er später wieder in bessere Verhältnisse kommt, die ihren Einfluss auf ihn ausüben.

Aus der munteren Wupperquelle in Börlinghausen wurde in Barmen-Elberfeld ein mißfarbiger Schlammstrom, der, trotz der großen reinen Zuflüsse, bis unterhalb Opladen die Spuren der großen Städte nicht verliert. In den Sandgefilden des Rheintales verliert er einen Teil seines Wassers durch Versickerung, bis der Rhein den Rest aufnimmt Selbst der mächtige Strom hat noch eine Strecke lang mit dem schwarzbraunen Eindringling zu kämpfen, bevor er ihn verwandelt und unsichtbar gemacht hat. Die älteren Uferbewohner haben die Wupper noch als reinen fischreichen Fluß gekannt, aber die immermehr zunehmende Industrie und das Anwachsen der großen Städte haben den unteren Teil so vollständig verwandelt, daß in den trüben Fluten sich kein organisches Wesen mehr aufhalten kann. Weder Fische noch die in den trübsten Gewässern sich aufhaltenden Würmer können unterhalb der Städte ihr Dasein fristen. Die Wupper ist eben ein Abwasserkanal für die industriellen Werke und die Städte geworden, zum großen Schaden und Ärger der Anwohner.

Wenn man von Süden her aus dem Aggertal die Wasserscheide zwischen Wupper und Sieg oder Ruhr überschreitet, so erhält man gleich einen guten Eindruck von dem hier beginnenden Wuppergebiet. Mehrere der Wupperquellen liegen hier in einem großen Walde, der sich von der Wasserscheide aus bis in die seeartige Bruchermulde hinzieht. Es ist der Wald von Gervershagen, etwa 400 ha schöner Tannenwald, in welchem von den in der Mulde liegenden Teichen aus eine wunderbar schöne Allee aus hundertjährigen, 30 m hohen Tannen nach Gervershagen führt.

Wenn man durch diese Allee und Gervershagen nördlich der Wasserscheide entlang, an dem Dannenberger Wäldchen vorbei, die Eisenbahnlinie Marienheide-Meinerzhagen in der Nähe der Station Holzwipper überschritten hat, so kommt man an ein Wiesental, welches an einer ländlichen Ortschaft, Börlinghausen, endet. Das kleine muntere Bächlein, welches hier durch die Wiesen rieselt, ist die Wupper, deren Quelle zwischen den Häusern von Börlinghausen liegt. Die Quelle ist mit Mauerwerk eingefaßt, und die Anwohner halten Gläser bereit, um den Besuchern einen frischen Trunk aus der Wupper zu ermöglichen. Die Quelle liegt auf 415 m über Normal Null, etwas tiefer als die Wasserscheide, die nördlich bis zur höchsten Höhe von 483,8 m NN. ansteigt.

Das hier beginnende, zuerst sich westlich hinziehende Wuppertal ist noch recht einsam, aber deshalb nicht weniger schön. An dem linken Ufer zieht sich der dunkle Tannenwald von Gervershagen hin, während der Berg an dem rechten Ufer mit baumartigen Wacholdersträuchen bewachsen ist, dazwischen liegt im grünen Wiesental das Örtchen Holzwipper. Etwa 3 km von der Quelle nimmt die Wipper auf der linken Seite den Brucherbach auf, der in der Mulde des großen Waldes entspringt.

Hier beginnt dann die Industrie, der Brucherbach betreibt eine Mahlmühle und dann mit der Wipper vereint eine Spinnerei in Wipperflies. Von hier an fällt die Wupper von Rad zu Rad, von Werk zu Werk, mit wenigen Ausnahmen eine ununterbrochene Kette von Betrieben.

Wo der Abfluß eines Wasserbetriebes den Fluß erreicht, beginnt gleich wieder der Aufstau eines anderen Werkes. Der außerordentliche Wasserreichtum der Wupper, von welchem später noch die Rede sein wird, hat diese wohl selten sich wiederholende außerordentliche Betriebsamkeit hervorgerufen.

Die in nordwestlicher Richtung weiter fließende Wupper nimmt inmitten der Region der Pulvermühlen, nach etwa 3 km Entfernung von Wipperflies die Lingese auf, in deren Tal die

erste Talsperre zur Regulierung des Wasserabflusses erbaut ist, und erreicht nach weiteren 3 km Klaswipper, nachdem sie den größten Seitenzufluß, die Kerspe, mit 31 qkm Niederschlagsgebiet aufgenommen hat.

Nach der Vereinigung mit der Kerspe, die fast die gleiche Wassermenge führt wie die Wipper, erhält sie den Namen Wupper. Diese obere Region der Pulverindustrie ist landschaftlich außerordentlich schön und lieblich, die Berge sind noch nicht sehr hoch, aber schön bewaldet, die Täler sind breit mit sauberen Wegen und in Tannen versteckten Pulvermühlen besetzt, das Wasser ist klar und von Forellen belebt.

Die nun fast westlich fließende Wupper erreicht durch ein breites Tal in 5 km Entfernung die alte bergische Stadt Wipperfürth und in nordwestlicher Richtung in weiteren 6 km Hückeswagen, nachdem sie kurz vorher die Bever, mit der zweiten Talsperre zur Wasserregulierung, aufgenommen hat.

Von Hückeswagen bis Beyenburg nördlich, von dort bis unterhalb Elberfeld westlich, dann bis Burg südlich, in großen Windungen fließend, durchschneidet die Wupper in einem großen Bogen, in dessen Mittelpunkt die alte bergische Hauptstadt Lennep liegt, die industriereichste Gegend des bergischen Landes.

In den großen Industriestädten Barmen und Elberfeld verliert sie als Wasserader ihre Schönheit; bis in die Nähe der beiden Städte enthält sie noch Fische, während von da ab jeder lebende Organismus aus dem Wasser verschwindet.

Innerhalb der Städte dient sie dem riesenhaften Verkehr derselben als Verkehrsstraße, indem die erste Schwebebahn in kühnen Eisenkonstruktionen das Flußbett überspannt und der Länge nach von Rittershausen bis Vohwinkel über demselben dahinschwebt.

Landschaftlich ist der Wupperbogen von Hückeswagen bis Burg außerordentlich schön, die Berge werden immer höher, das Tal enger und romantischer, durch große Fabriken und schön liegende Ortschaften, vor allem Beyenburg und Müngsten, belebt. Bei Müngsten wird das Tal überspannt von der riesenhaften, 107 m über dem Flußbett hohen Kaiser-Wilhelmbrücke der Eisenbahnlinie Lennep-Düsseldorf.

An dem romantisch schönen renovierten Schloß Burg erhält die Wupper eine andere Richtung, sie strebt jetzt westlich durch die allmählich niedriger werdenden Berge dem Rheintal zu und erreicht, an den Städten Leichlingen und Opladen vorbeifließend, nach Aufnahme der Dhünn, den Rhein bei Rheindorf.

3. Das Flußgebiet der Wupper in geographischer und geognostischer Beziehung.

Das Flußgebiet der Wupper bildet zum größten Teil die südöstliche Ecke des Regierungsbezirks Düsseldorf, überschreitet an einigen Stellen mit kleinen Teilen die westfälische Grenze des Regierungsbezirks Arnsberg und des Regierungsbezirks Cöln. In diesem südlichsten Teil liegen die Quellen der Wupper. Das ganze Gebiet bildet den Mittelpunkt des alten Herzogtums Berg.

An verschiedenen Stellen des Flußgebietes finden sich noch Ueberreste der alten römischen Grenzwälle, die sogenannten Landwehre, die sie errichteten zur Schutzwehr gegen die benachbarten germanischen Stämme.

Es scheint also, als wenn die alten Römer das hier wohnende Volk nicht vollständig besiegt und deren Land erobert hätten, jedenfalls war das bergische Land noch streitiges Gebiet, und die Zähigkeit der Bewohner zwang die Römer, sich hinter Wällen zu sichern.

Die Zähigkeit des bergischen Volksstammes ist noch heute vorhanden und der Beweis dafür die große Entwickelung der Industrie aus den kleinsten Anfängen, ohne besondere Hilfsmittel, auf dem kärglichsten Boden, der kaum so viel hervorbringt, daß sich ein kleiner Teil der Bewohner davon erhalten kann.

Die Wupper durchzieht ihr Gebiet in einem großen Bogen und mannigfachen Windungen, und es schneidet ihr durch Erosion entstandenes Tal tief in das Schiefergebirge ein.

Das Gefälle der Wupper von der Quelle bis zum Rhein beträgt 381 m und ist auf einer Länge von 182,2 km in beigeheftetem Längennivellement dargestellt.

Das Längennivellement der Wupper bildet eine fast regelmäßig verlaufende Parabel, nur enthält die Kurve unterhalb Hückeswagen eine Erhöhung, von welcher aus ein stärkeres Gefälle stattfindet. In dem flacheren und breiteren Flußtal oberhalb Hückeswagen bis Klaswipper besteht der Boden aus bis zu 8 m tiefen Lette- und Kiesschichten, welche den Felsen überlagern, während im übrigen Lauf das Flusses nur eine geringe Ueberlagerung des Felsens mit lettehaltigem Kies stattfindet.

Der Lauf der Wupper und ihr ganzes Niederschlagsgebiet liegt fast vollständig im rheinischen Schiefergebirge, dem sogenannten Lenneschiefer, mittlere devonische Gruppe.

Nur der nördlichste Teil, von Rittershausen bis Elberfeld, fließt durch Eifelkalk, zur devonischen Gruppe gehörend. Die Zuflüsse von Rittershausen bis Elberfeld, von Norden her, entspringen meist im flözleeren Kohlensandstein, durchstreichen eine schmale Schicht oberen Devon, Sandstein und Schieferschichten, und münden dann im Gebiete des Eifelkalks in die Wupper.

Unterhalb Elberfeld tritt die Wupper wieder in den Lenneschiefer ein und bleibt ununterbrochen in demselben bis unterhalb Leichlingen. Sie durchläuft dann die obere Terrasse des Rheintales, die Lehm- und Kiesschichten des Diluviums, und tritt unterhalb Opladen in das Alluvium, die jetzigen Kiesanschwemmungen des Rheines.

Zwischen Opladen und dem Rhein liegt bei Haus Wambach ein altes Rheinbett, welches von dort bis Langerfeld durch beide Uferböschungen sichtbar ist. Die Wupper durchquert diesen früheren Flußlauf des Rheines, nimmt dann, ganz nahe der Mündung, die Dhünn auf und fließt oberhalb Rheindorf mit derselben in den Rhein.

Das Wasser der Wupper hat von der Quelle bis Rittershausen wenig Kalkgehalt, ist deshalb weich und zu industriellen Zwecken, wie Kesselspeisung, Wäschereien und Färbereien, sehr geeignet. Unterhalb Rittershausen ist der Kalkgehalt größer, und es kann das Wasser von da ab wegen der vielen Abwassereinläufe aus Fabriken usw. nur noch zu Kraftzwecken benutzt werden.

Der Lenneschiefer, welcher den größten Teil des Unterbodens des Flußgebietes bildet, kommt in mannigfachster Form und Härte vor, geht an verschiedenen Stellen zu harter Grauwacke über, wie zwischen Beyenburg und Rittershausen und am oberen Flußlauf zwischen Klaswipper und den Quellen, an anderen Stellen bildet er Schieferschichten von wechselnder Härte und Korn. Die in der devonischen Gruppe vorkommenden Versteinerungen und Muschelabdrücke findet man allenthalben in den braunen Einlagerungen zwischen den Gesteinsbänken.

Außer dem nesterweisen Vorkommen und Ueberlagerungen von Eisenstein findet sich hier und da eine Ablagerung von Schwefelkies und Kupfererz. Letzteres hauptsächlich im Hönnigetal, am Kupferberg bei Kreuzberg.

An der Grenze des Schiefers und des Kalksteins sind interessante Höhlen gefunden worden, besonders wurde im Anfang der siebziger Jahre eine Höhle in Unterbarmen bekannt,

die früher und auch nach der Zeit wieder als Wasserbehälter benutzt wurde.

In dieser Höhle befanden sich außerordentlich schöne und mannigfaltige Kalkgebilde, vollständige Korallenstöcke, deren Klüfte mit erhärtetem Schlamm ausgefüllt waren, in welchem Abdrücke von Hunderten von großen und kleinen Fischen, Muscheln und dergleichen sichtbar waren. Die Höhle war immer mit Wasser gefüllt gewesen, es konnten sich infolgedessen keine Stalaktiten bilden, trotzdem war die Höhle nicht weniger schön und interessant.

Das hängende Gestein waren Schieferschichten des dort angrenzenden Schiefergebirges.

Das Schiefergebirge führt wegen seiner geschlossenen parallelen Schichten sehr wenig Sickerwasser, nur in den hier und da vorkommenden Verwerfungen sind erheblichere Wasseransammlungen zu finden. Es eignet sich deshalb auch wenig zur Anlage von Wasserversorgungen aus Quellen, wenn erheblicher Wasserbedarf vorhanden ist. Häufige Versuche durch Stollenanlagen im Schiefergebirge haben zu keinen günstigen Resultaten inbezug auf Erschließung von wesentlichen Wasseradern geführt.

4. Die Niederschlagsverhältnisse im Wuppergebiet.

Das Niederschlagsgebiet der Wupper liegt vollständig an dem westlichen Abhange des sauerländischen und des Ebbegebirges. Es steigt allmählich aus dem Rheintale von 34 m NN. bis zu den höchsten Stellen der Wasserscheide bei Meinerzhagen auf 483,8 m NN. Oestlich der Wasserscheide liegt das Gebiet der Ruhr, welches weiter ansteigt bis zum Rothaargebirge zu Höhen, wie der Winterberg und Kahlenastenberg, von etwa 800 m NN. Südöstlich wird die Wasserscheide begrenzt vom Ebbegebirge mit der Nordhelle von 660 m Höhe.

Die vorherrschenden Winde sind die Westwinde, Südwest bis Nordwest, sie sind Teile des niederfallenden oberen Passatwindes und infolgedessen mit Wasserdämpfen stark beladen.

Durch das ansteigende Terrain werden die Westwinde gezwungen, in die Höhe zu steigen, sie kommen in kältere Regionen, kühlen sich ab und können infolgedessen die Wasserdämpfe nicht mehr alle aufnehmen, diese kondensieren zu Wolken und bilden alsdann die Niederschläge, die im Wuppergebiet so reichlich bemessen sind. In untenstehender Tabelle sind die Niederschläge der einzelnen Stationen des Wupper-

gebietes für 1895, nach den Veröffentlichungen des Meteorologischen Instituts, geordnet nach der Höhenlage angegeben.

Niederschlagshöhen in Millimeter im Wuppergebiet mit Dhünn im Jahre 1895.

Stationen	Höhen über N.N.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Summe im Jahre
Gogarthen . . .	360	126	30	150	85	93	58	158	119	27	160	137	208	1351
Hahnerberg . . .	350	117	30	124	71	149	53	160	125	23	150	118	160	1280
Lennep	340	132	35	133	79	121	90	144	98	25	152	122	193	1324
Remscheid . . .	310	119	36	117	78	144	86	162	98	27	147	106	178	1298
Hartcopsbever . .	270	112	22	120	72	104	51	134	108	26	133	108	165	1155
Dhünn	230	86	25	133	65	111	77	116	94	25	127	94	153	1106
Solingen	219	90	25	98	60	122	66	126	110	18	118	90	135	1058
Burscheid	200	79	21	94	66	93	86	114	90	24	99	65	124	955
Hitdorf	44	69	14	67	48	79	52	91	79	10	82	79	87	757

Aus der Tabelle ist deutlich zu ersehen, wie die Niederschlagshöhe, von Hitdorf am Rhein bei 44 m Meereshöhe, bis Gogarthen in 360 m Höhe, mit der Höhenlage der Station allmählich zunimmt. Es ist die Wirkung der allmählich ansteigenden, vorherrschenden und feuchten Westwinde.

Die seit 30 Jahren in Lennep ausgeführten Messungen der Niederschlagshöhen, in 340 m Meereshöhe, sind folgende:

1882 = 1662.8 mm
1883 = 1310.8 „
1884 = 1272.6 „
1885 = 1066.2 „
1886 = 1228.6 „
1887 = 924.4 „
1888 = 1323.1 „
1889 = 1134.3 „
1890 = 1293.2 „
1891 = 1229.2 „
1892 = 1020.9 „
1893 = 1109.7 „
1894 = 1415.5 „
1895 = 1324.0 „
1896 = 970.0 „
1897 = 1260.2 „
1898 = 1298.8 „
1899 = 1296.5 „

1900	= 1270.3	mm
1901	= 1351.6	„
1902	= 1396.6	„
1903	= 1254.5	„
1904	= 908.9	„
1905	= 1323.6	„
1906	= 1418.5	„
1907	= 1130.7	„
1908	= 1266.9	„
1909	= 1499.1	„
1910	= 1429.0	„
1911	= 1099.3	„
	37489.8	mm

Das dreißigjährige Mittel der Niederschlagshöhen in Lennep beträgt also

$$\frac{37489.8}{30} = 1249.6 \text{ mm}$$

Da Lennep ziemlich in der Mitte des Niederschlagsgebietes und auch nicht wesentlich höher als die mittlere Höhe liegt, so kann man die mittlere Niederschlagshöhe daselbst als diejenige des ganzen Niederschlagsgebietes ansehen, mit Ausnahme der Teile desselben, die im Rheintale liegen.

Das Flußgebiet der Wupper hat wesentlich mehr Niederschläge als die meisten deutschen Flußgebiete, wie aus nachfolgender Tabelle der mittleren Niederschlagshöhen für das Jahr 1895, nach den Berichten des meteorologischen Instituts, nach den Flußgebieten geordnet, hervorgeht:

				Jahresniederschlag
	Memel	Mittel aus 10	Stationen	= 695 mm
	Pregel	„ „ 30	„	= 595 „
	Weichsel	„ „ 110	„	= 525 „
	Oder im ganzen	„ „ 340	„	= 622 „
Oder	Glatzer Neiße	„ „ 31	„	= 734 „
Oder	Katzbach	„ „ 18	„	= 686 „
Oder	Bober	„ „ 46	„	= 859 „
	Elbe	„ „ 264	„	= 595 „
	Weser im ganzen	„ „ 209	„	= 746 „
	Werra	„ „ 33	„	= 725 „
	Fulda	„ „ 35	„	= 602 „
	Ems	„ „ 32	„	= 775 „
	Main	„ „ 53	„	= 690 „

Lahn	Mittel aus 47	Stationen	= 730	„
Mosel	„ „ 44	„	= 770	„
Sieg	„ „ 22	„	= 1038	„
Ruhr	„ „ 34	„	= 1008	„
Wupper	„ „ 9	„	= 1142	„

Die Tabelle läßt erkennen, daß die am Westabhang des sauerländischen und Rothaargebirges liegenden Flußgebiete, Sieg, Ruhr und Wupper, die meisten Jahresniederschläge haben.

Es wird also daraus der Einfluß des ansteigenden Terrains an der Westseite der Gebirge auf die Niederschlagshöhe bestätigt, und da das Wuppergebiet den westlichsten Teil dieser Gegend bildet, so ist es erklärlich, daß hier die Niederschläge am stärksten sind.

Von den speziellen Niederschlagsbeobachtungen in Lennep ist noch zu bemerken, daß die einzelnen Jahre inbezug auf Regen- und Trockenperioden sehr verschieden sind. In der Regel folgt auf eine außergewöhnlich lange Trockenperiode eine ebenso andauernde wie ergiebige Niederschlagsperiode, was besonders in den Jahren 1893 und 1901 zu bemerken war.

Nach den Beobachtungen in Lennep sind Tage unter 0,1 mm Niederschläge notiert:

1882	= 210	Tage,	davon	31	Tage	ohne Niederschlag	hintereinander
1883	= 197	„	„	18	„	„	„
1884	= 189	„	„	15	„	„	„
1885	= 177	„	„	12	„	„	„
1886	= 218	„	„	24	„	„	„
1887	= 208	„	„	18	„	„	„
1888	= 185	„	„	20	„	„	„
1889	= 180	„	„	18	„	„	„
1890	= 181	„	„	24	„	„	„
1891	= 185	„	„	15	„	„	„
1892	= 180	„	„	13	„	„	„
1893	= 191	„	„	42	„	„	„
1894	= 172	„	„	22	„	„	„
1895	= 172	„	„	15	„	„	„
1896	= 196	„	„	15	„	„	„
1897	= 200	„	„	24	„	„	„
1898	= 178	„	„	12	„	„	„
1899	= 186	„	„	21	„	„	„
1900	= 165	„	„	10	„	„	„
1901	= 181	„	„	18	„	„	„

Es sind also durchschnittlich in 20 Jahren jährlich 188 regenfreie und 187 Regentage, fast genau die Hälfte der Tage, notiert worden.

In den letzten 10 Jahren wurden Tage ohne jeden Niederschlag notiert:

1902 = 140 Tage, davon 11 Tage ohne Niederschlag hintereinander
1903 = 144 „ „ 17 „ „ „ „
1904 = 161 „ „ 10 „ „ „ „
1905 = 136 „ „ 8 „ „ „ „
1906 = 129 „ „ 9 „ „ „ „
1907 = 142 „ „ 15 „ „ „ „
1908 = 152 „ „ 17 „ „ „ „
1909 = 140 „ „ 9 „ „ „ „
1910 = 137 „ „ 8 „ „ „ „
1911 = 185 „ „ 25 „ „ „ „

Durchschnittlich 147 Tage.

Die Verdunstung von freiliegenden Wasseroberflächen, die dem Winde und der Sonne ausgesetzt sind, wurden mehrere Jahre lang gemessen und zwar in drei Seitentälern des Wuppertales, im Bever-, Uelfe- und Bruchertal, um die Größe des Wasserverlustes durch Verdunstung bei Anlage von Stauweihern beurteilen zu können. Zur Erreichung dieses Zweckes wurden flache Wasserbehälter von 1 m Quadrat aufgestellt, darüber in etwa 15 cm Entfernung eine Glasplatte gelegt, die dem Wind gestattete, über die Wasserfläche zu streichen, den Sonnenschein nicht behinderte, dagegen den Regen abhielt. Der Behälter wurde nach jeder Messung der verdunsteten Wasserhöhe wieder mit Wasser gefüllt.

Die Resultate der Messungen sind folgende für das Jahr **1889**:

Monat	Verdunstungshöhe in Millimeter		
	Im Bevertal	Im Uelfetal	Im Bruchertal
Januar	27	35	25
Februar	30	30	35
März	60	90	70
April	97	107	58
Mai	134	132	98
Juni	154	166	124
Juli	168	114	110
August	135	95	115
September	102	85	102
Oktober	75	67	83
November	33	30	50
Dezember	10	15	20
Summa:	1025	966	890

Man kann also die Verdunstungshöhe einer ruhenden Wasserfläche, See oder Teich, zu durchschnittlich 1 m hoch pro Jahr annehmen, sie beträgt in den Sommermonaten 10—16 Prozent, in den Wintermonaten 1—3 Prozent der Jahreshöhe pro Monat.

Der Unterschied der Verdunstungshöhen in den verschiedenen Tälern ist wohl auf die Lage, Breite und Bewaldung des Tales zurückzuführen.

Das Bevertal ist breit, hat wenig Wald und liegt in der Richtung der vorherrschenden Westwinde. Das Bruchertal dagegen ist enger, stark bewaldet und liegt in der Richtung Nord und Süd, also nicht im Striche der vorherrschenden Winde.

Außergewöhnliche Niederschläge, eigentliche Wolkenbrüche, sind im Niederschlagsgebiet der Wupper bisher nicht bekannt geworden.

Sehr starke Gewitterregen sind vereinzelt vorgekommen, es wurden am 3. Juni 1889 in 10 Minuten 31 mm Regenhöhe verzeichnet. Da diese heftigen Regen nur kurze Zeit andauern und nur kleinere Flächen des Niederschlagsgebietes treffen, so sind sie nicht als Wolkenbruch zu bezeichnen.

5. Der Wasserabfluß der Wupper.

Der Wasserabfluß der Wupper ist im Zusammenhang mit den Niederschlägen in den Jahren 1866—1882 vereinzelt, vom 1. Januar 1882 ab aber regelmäßig gemessen und notiert worden.

Das Stauwehr zu Dahlhausen war besonders geeignet zu Wassermessungen, da beide Ufer des Flusses durch Dämme und Mauern, auch bei Hochwasser, immer über dem höchsten Wasserstande liegen und zwischen den senkrechten Wehrköpfen ein Wehraufsatz mit annähernd scharfen Kanten angebracht ist, der nach der Formel für freie Ueberfälle eine genaue Berechnung der überfließenden Wassermengen gestattet.

Die Formel zur Berechnung des Ueberfallwassers war $0.48 \cdot 4.43 \sqrt{h} \cdot b \cdot h$, worin der Koeffizient 0.48 durch genaue Versuche, für diese Art von nicht ganz scharfkantigen Ueberfällen, festgestellt war. Für vollständig scharfkantige Ueberfälle ist der Koeffizient bekanntlich 0.42.

Das in der zum Stauwehr gehörenden Fabrik verbrauchte Wasser wurde genau konstatiert und notiert. Die Pegelmessungen und Aufzeichnungen geschehen täglich achtmal, so daß alle Schwankungen des Wasserstandes gemessen werden. Kleinere

Schwankungen der Wassermengen in den Wupperzuflüssen, welche durch Gewitter und sonstige Ursachen entstehen können, werden verwischt, da die Wupper eine große Menge Stauweiher enthält, die auf den Wasserzufluß ausgleichend wirken, durch kürzere Anschwellungen ihren Wasserstand erhöhen und das Wasser dann allmählich abgeben. Die gemessenen Wasserstände geben deshalb kein Bild der kleinsten Schwankungen des Wasserzuflusses der einzelnen Seitenbäche, wohl aber zeigen sie das allmähliche oder schnelle Anwachsen der Wassermenge bei vermehrten Zuflüssen oder Regenperioden.

Die Resultate dieser Messungen sind in beigehefteten 20 graphischen Jahresberichten der Wupperwassermengen in Dahlhausen und Regenhöhen in Lennep vom 1. Januar 1882 bis 1. Januar 1902 dargestellt.

An diesen jährlichen Tafeln ist der Gesamtniederschlag auf das Niederschlagsgebiet von Dahlhausen, welches 213.4 qkm beträgt, nach den in Lennep gemessenen Niederschlägen berechnet und der sekundliche Jahresdurchschnitt angegeben.

Ebenso ist der mittlere sekundliche Wasserabfluß der Wupper in Dahlhausen angegeben und in einer Tabelle die Anzahl der Tage notiert, in denen eine gewisse Wassermenge vorhanden beziehungsweise abgeflossen ist.

Aus dem Vergleich der mittleren Niederschlagsmenge und der Abflußwassermenge ist alsdann der Wasserverlust durch Verdunstung sofort festzustellen.

Durch Anlage von Talsperren und Ausgleichsweiher im oberen Wuppergebiet wurde der Wasserabfluß in Dahlhausen indessen vollständig verändert und mehr dem Tagesbetrieb der Wasserkraftwerke angepaßt. Außerdem wurden Talsperren für die Wasserleitungen der Städte Remscheid, Lennep, Barmen, Ronsdorf und Solingen erbaut, aus denen große Wassermengen dem Zuflußgebiet der Wupper entnommen, durch zum Teil sehr lange Kanäle abgeleitet und abzüglich des Verbrauches der unteren Wupper wieder zugeführt werden. Es war deshalb zwecklos, die Wassermessungen in Dahlhausen weiter fortzuführen, da dort doch nur ein Teil des Zuflusses gemessen werden konnte.

Es wurden deshalb an den Zuflußbächen der Talsperren und zwar im Lütgenautal, oberhalb der Bevertalsperre und im Hauptzufluß der Lingesetalsperre Meßwehre angelegt, die auch die kleineren Schwankungen der Wasserabflüsse durch ihre selbstregistrierenden Pegel anzeigten.

Das Meßwehr im Lütgenautal hat ein Niederschlagsgebiet von 4 qkm, dasjenige im Lingesetal 6,4 qkm.

Die fast scharfkantigen Ueberfälle der Meßwehre werden aus Winkeleisen gebildet und die Wassermessungen aus den Höhen des Oberwasserspiegels über der Ueberfallkante nach der Formel $Q = k \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2 g h}$ berechnet.

Um den Koeffizienten k in einwandfreier und sicherer Weise für die verschiedenen Ueberfallhöhen zu bestimmen, wurde im Lütgenautal unterhalb des Wehres ein Meßbehälter von 100 cbm Inhalt angelegt und bei den verschiedenen Ueberfallhöhen festgestellt, in welcher Zeit bei der gemessenen Ueberfallhöhe der Behälter gefüllt war.

Aus dem Inhalt des Behälters, der Füllungszeit und der Ueberfallhöhe wurde alsdann der Koeffizient berechnet. Das Ergebnis dieser Feststellungen war, daß der Koeffizient mit der Ueberfallhöhe abnahm in folgender Weise:

bis 40	mm	Ueberfallhöhe	Koeffizient	= 0,47
40— 60	„	„	„	= 0,46
60—110	„	„	„	= 0,45
110—180	„	„	„	= 0,44
180—300	„	„	„	= 0,43

Der Koeffizient ist etwas größer als er aus der bekannten Bruschmann'schen Formel für vollkommene scharfkantige Ueberfälle hervorgeht. Die Ursache liegt darin, daß die Winkeleisenkante der Meßwehre nicht vollkommen scharfkantig ist.

Für die Wassermessungen an diesen Meßwehren konnte indessen nur der durch Versuche festgestellte Koeffizient angenommen werden.

Um diese Wassermessungen der 10 Jahre vom 1. Januar 1902 bis 1. Januar 1912 mit den früheren Messungen am Dahlhauser Wehr vergleichen zu können, sind die gemittelten Abflußwassermengen, welche an den Meßwehren berechnet wurden, und wegen der verschiedenen Höhenlage zeitweise etwas verschieden waren, auf das Niederschlagsgebiet des Dahlhauserwehres von 213,4 qkm berechnet und in gleichen jährlichen Tafeln graphisch aufgetragen, wie die frühern Messungen am Dahlhauserwehr.

Die Wassermessungen wurden noch von Zeit zu Zeit durch genaue Messungen an dem Zufluß der Lenneper Talsperre kontrolliert und eine sehr gute Uebereinstimmung der Messungsresultate festgestellt.

Die Resultate dieser dreißigjährigen Messungen sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Jahrgang	Wassermenge in Kubikmetern pro Sekunde		Anzahl der Tage, an welchen sekundlich abgeflossen ist in Kubikmetern															
	des Niederschlages	des Abflusses	0—0.3	0.3—0.6	0.6—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—15	15—20	20—30	über 30
1882	11,20	7,80	—	—	—	16	28	99	80	25	23	15	15	7	27	14	8	8
1883	8,85	6,00	—	—	50	60	35	35	25	22	25	17	12	16	33	10	6	9
1884	8,60	5,70	—	30	62	52	47	26	22	28	32	9	8	4	25	2	11	8
1885	7,20	5,00	—	22	60	58	70	22	50	23	10	8	7	5	14	5	4	7
1886	8,60	5,15	—	—	53	100	33	30	30	32	22	18	7	3	14	9	9	5
1887	6,24	4,20	—	10	60	110	44	27	45	19	9	9	7	6	9	5	4	1
1888	8,93	6,59	—	5	21	52	48	24	25	49	41	20	11	9	35	10	8	8
1889	7,66	5,75	—	—	49	38	48	54	48	25	18	16	12	10	22	11	10	4
1890	8,73	5,72	—	7	18	56	54	50	40	40	22	20	10	7	19	10	10	2
1891	8,30	4,80	—	10	27	63	28	48	63	50	20	10	9	5	14	8	5	5
1892	6,91	4,74	—	40	44	78	54	32	30	24	16	10	3	4	12	4	6	9
1893	7,51	5,17	50	70	16	53	20	10	10	17	14	14	16	8	33	14	12	8
1894	9,21	6,79	—	—	40	75	35	26	21	29	19	13	11	9	33	26	23	5
1895	8,96	6,44	—	10	31	62	56	40	32	22	18	12	17	3	26	13	13	10
1896	6,75	4,20	20	15	33	53	46	39	46	49	28	13	6	3	8	3	1	3
1897	8,66	6,60	—	—	6	51	52	46	41	50	18	6	10	8	42	15	17	3
1898	8,73	6,90	—	—	—	133	50	23	22	13	10	17	10	13	43	15	10	6
1899	8,76	5,75	—	30	47	56	39	40	17	22	15	13	20	13	30	10	5	8
1900	8,59	5,50	—	5	25	70	63	46	27	30	23	15	13	6	19	10	10	4
1901	9,17	5,50	70	36	29	50	44	20	16	15	13	10	9	6	16	6	10	15
1902	9,45	6,00	—	9	44	83	41	35	33	20	13	12	10	6	25	15	11	8
1903	8,48	6,26	—	12	23	50	40	35	35	25	20	15	14	10	37	21	20	8
1904	6,15	4,40	60	64	45	47	42	18	11	13	6	6	4	3	19	10	10	8
1905	8,95	6,82	—	18	25	46	28	22	28	26	17	28	8	11	62	23	13	10
1906	9,59	6,29	—	23	30	81	57	28	20	14	10	11	9	8	29	20	17	8
1907	7,65	5,33	—	—	65	100	43	24	22	22	11	11	7	4	24	17	10	5
1908	8,57	5,38	15	49	40	33	38	43	28	25	16	15	9	3	20	18	10	4
1909	10,14	6,93	—	27	22	87	49	37	26	23	10	8	8	8	20	13	19	8
1910	9,61	6,55	—	10	16	63	43	40	34	29	14	19	16	12	34	20	10	5
1911	7,43	4,45	67	22	47	46	42	32	24	19	8	5	7	4	7	8	19	8
In Summa	253,58	172,71	282	524	1028	1922	1317	1051	951	800	521	395	305	214	751	365	321	200
Das 30jährige Mittel also =	8,45	5,76	9,4	17,4	34,3	64,1	43,9	35,0	31,7	26,7	17,4	13,2	10,1	7,1	25,0	12,1	10,7	6.6

Die mit der Höhenlage steigenden Niederschläge im Wuppergebiet, von 700 mm an der Mündung, bis 1300 mm im Quellgebiet, ergeben für die einzelnen Teile des Flußlaufes verschiedene Abflußmengen. Das Verhältnis von Niederschlag und Abfluß kann nach langjährigen Beobachtungen im Mittel zu 68 vom

Hundert angenommen werden. In dem Gebiet des höchsten Niederschlags von 1300 mm

oberhalb Wipperfürth beträgt die Abflußhöhe c. 900 mm, also 900000 cbm pro qkm

„ Barmen bei 1200 mm Niederschlag 800 mm
„ Burg „ 1100 „ „ 750 „
„ Leichlingen „ 950 „ „ 550 „
bis zur Mündung der Wupper . . . . . 550 „

Der Wasserabfluß der Wupper beträgt deshalb in Wipperfürth

bei 100 qkm Niederschlagsgebiet $\frac{100 \cdot 900000 \text{ cbm}}{31536000 \text{ Sek.}} = 2850$ Sekltr.

in Barmen bei 300 qkm $\frac{100 \cdot 900000 + 200 \cdot 800000}{31536000} = 7920$ „

in Burg bei 450 qkm

$$\frac{100 \cdot 900000 + 200 \cdot 800000 + 150 \cdot 750000}{31536000} = 11500 \text{ „}$$

in Leichlingen bei 550 qkm

$$\frac{(550 \text{qkm} 100 \cdot 900 + 200 \cdot 800 + 150 \cdot 750 + 100 \cdot 650)}{31536000 \text{ Sek.}} 1000 = 13500 \text{ „}$$

An der Mündung in den Rhein bei 620 qkm 13500 +

$$\frac{70 \cdot 550000}{31536000} = 14720 \text{ „}$$

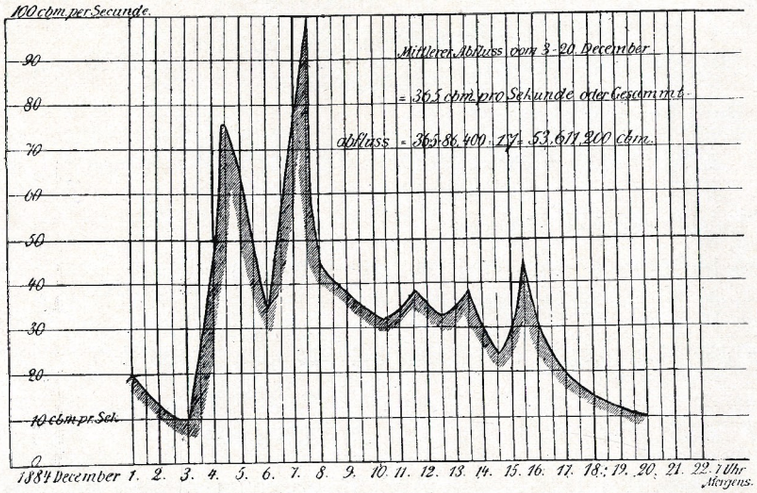
Nach den langjährigen Abflußbeobachtungen sind die Abflußverhältnisse der Wupper in den einzelnen Tagen des Jahres für 1 qkm Niederschlagsgebiet wie folgt ermittelt worden:

	bis Wipperfürth	bis Barmen	bis Leichlingen
30 Tage	77 Sekltr.	72 Sekltr.	70 Sekltr.
20 „	60 „	56 „	55 „
30 „	39 „	36 „	35 „
24 „	30 „	30 „	30 „
16 „	28 „	26 „	25 „
25 „	23 „	21 „	20 „
35 „	17 „	16 „	15 „
50 „	12 „	11 „	10 „
60 „	6 „	6 „	5 „
75 „	2 „	2 „	1,5 „
365 Tage			

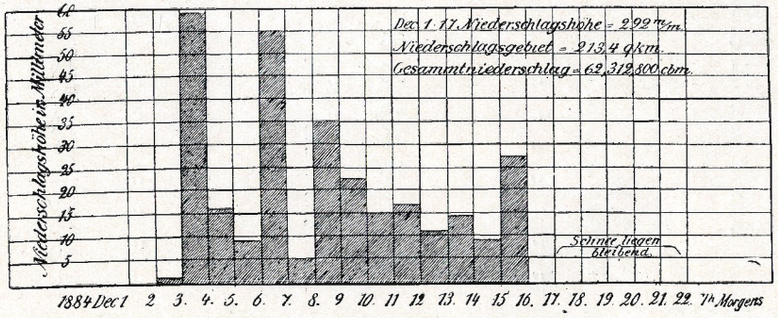
In nachfolgendem sollen nun einzelne, durch starke Regen oder durch Schneeschmelze entstandene Anschwellungen, sogenannte Hochfluten, der Wupperwassermenge genauer untersucht werden, um festzustellen, welchen Einfluß die Regenperioden auf den Wasserabfluß haben.

1. Flutperiode im Dezember 1884.

Graphische Darstellung des Wupperabflusses in Dahlhausen.



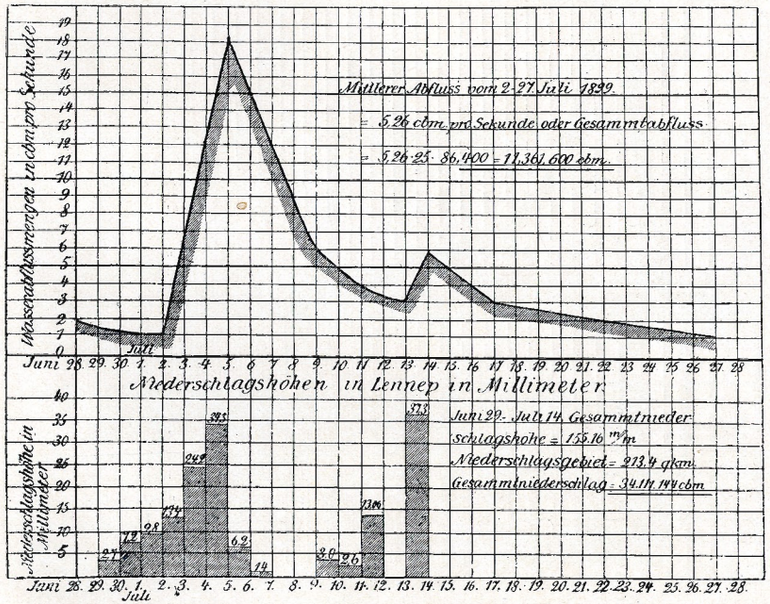
Niederschlagshöhen in Lennep vom 1. bis 22. Dezember 1884.



Nach obigen Darstellungen waren also auf das Niederschlagsgebiet von Dahlhausen in Größe von 213,4 qkm nach den Messungen in Lennep 62312800 cbm Wasser niedergefallen und nach den Messungen in Dahlhausen 53611200 cbm Wupperwasser abgeflossen. Der Abfluß in Dahlhausen war also = 86 Prozent des Niederschlages in Lennep.

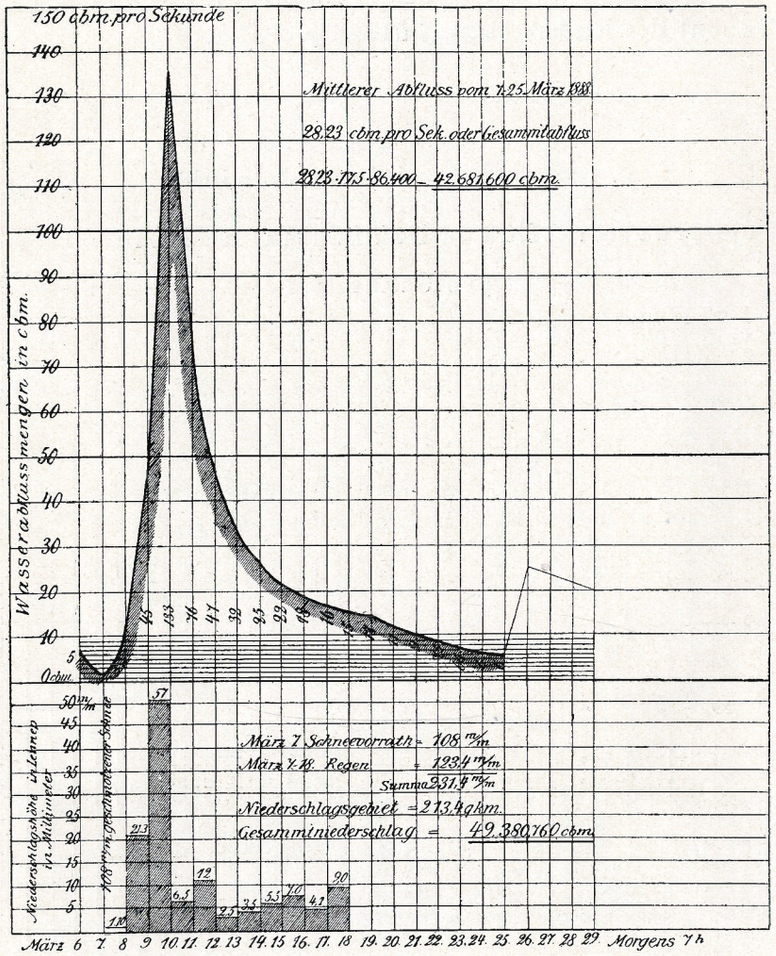
2. Sommerflutperiode im Juli 1899.

Wupperwasserabfluß in Dahlhausen in Kubikmetern pro Sekunde.



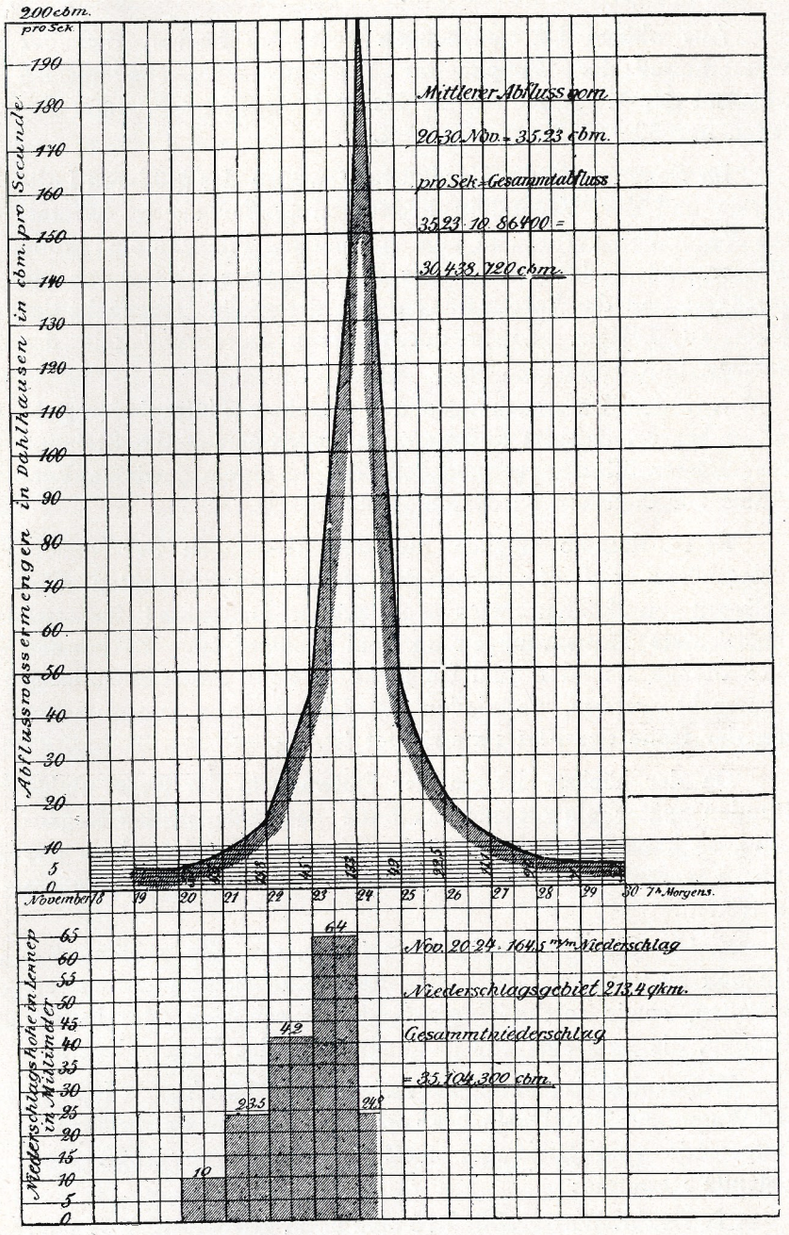
Obige Darstellungen ergeben also einen Gesamtniederschlag auf das Wuppergebiet bis Dahlhausen von 34111144 cbm sowie einen Wupperabfluß von 11361600 cbm. Der Abfluß war also in diesem Falle = 33 Prozent des Niederschlages.

3. Flutperiode durch Regen mit Schneeschmelze im März 1888.



Der Abfluß war also bei obiger Flutperiode mit Berücksichtigung der geschmolzenen Schneemassen = 86 Prozent des Niederschlages.

4. Hochflutperiode im November 1890.



Der Wasserabfluß der Wupper bei der Hochflut im November 1890 war also wieder 86 Prozent des Niederschlages auf das Gebiet von Dahlhausen.

Aus obigen Untersuchungen geht also hervor, daß der Wasserabfluß der Wupper im Verhältnis zum Niederschlag während der Wintermonate **80** bis **86** Prozent, im Sommer dagegen nur 30—40 Prozent beträgt.

Im Sommer ist die Verdunstung wegen der größeren Luftwärme und der Vegetation bedeutend größer als im Winter. Die Vegetation verbraucht zum Aufbau der Pflanzen eine große Wassermenge, der Abfluß des Regenwassers wird durch sie verzögert und die Verdunstung durch die große Oberfläche der genetzten Blätter, sowie durch deren Berührung mit der warmen Luft begünstigt.

Aus den Untersuchungen der einzelnen Flutperioden geht ferner hervor, daß die andauernden Regen eine stetige Steigung des Wasserabflusses verursachen, die in einem gewissen Verhältnis zur täglichen Niederschlagshöhe steht.

Es ist deshalb möglich, aus den Messungen der Niederschlagshöhen auf die Höhe der dadurch verursachten Flut schließen zu können, was von großer Bedeutung für etwa eingerichtete Flutwarnungen an dem Flußlauf ist. Es können eine Menge Schäden und Unglücke, welche durch Hochfluten verursacht werden, vermieden werden, wenn man rechtzeitig von der Höhe der Flut unterrichtet ist.

Da der höchste Kamm der Flutwelle in der Regel einige Stunden später eintritt als das Ende des andauernden Regenfalles, so kann eine telegraphische Warnung die Anwohner des Flusses veranlassen, sich einzurichten und Vorsichtsmaßregeln zu treffen.

Einige Stunden genügen meistens, um die schlimmsten Schäden zu verhüten, gefährdete Räume zu sichern und zu verschließen, sowie solche Gegenstände zu schützen oder fortzuschaffen, die im Ueberschwemmungsgebiet des Flusses lagern.

Wenn man das Verhältnis zwischen Niederschlag in Lennep und Wasserabfluß zu Dahlhausen an der umstehend beschriebenen Flutperiode vom Dezember 1884 untersucht, so erhält man folgende Resultate:

2. Dezbr. Wasserabfluß 10 cbm p. S., Niederschlag **59** mm, Steigung auf 74 cbm p. S. um **64** cbm

6. Dezbr. Wasserabfluß 35 cbm p. S., Niederschlag **55** mm, Steigung auf 100 cbm p. S. um **45** cbm

15. Dezbr. Wasserabfluß 22 cbm p. S., Niederschlag **27** mm, Steigung auf 45 cbm p. S. um **23** cbm

Es folgt daraus, daß 1 mm Niederschlag bei andauerndem Regen annähernd eine Steigerung des Wasserabflusses von 1 cbm pro Sekunde am Stauwehr zu Dahlhausen verursacht; an anderen Punkten des Flußlaufes demnach dem Niederschlagsgebiet derselben entsprechend mehr oder weniger.

Aus den Flutbeobachtungen hat sich auch herausgestellt, daß nach etwa dreitägigem ununterbrochenen Regen sämtliche Quellen geöffnet sind, die Erdoberfläche ist alsdann so vollständig mit Wasser gesättigt, daß kein Regenwasser mehr einsinken kann, die Luft ist ebenfalls mit Wasserdämpfen gesätigt, es kann keine Verdunstung des Wassers stattfinden, es muß also der ganze Niederschlag zum Abfluß gelangen und die abfließende Wassermenge dem Niederschlag gleich sein. Dieser Fall trat ein bei der größten Hochflut des vergangenen Jahrhunderts, am 24. November 1890.

Es hatte seit drei Tagen ununterbrochen geregnet, die Stärke des Regens steigerte sich von 23.5 mm Höhe am 21., 42 mm am 22., auf 64 mm am 23. und 24.8 mm am 24. November morgens 10 Uhr.

Der Regen vom 23. und 24. November fiel ganz gleichmäßig und zwar in 93 600 Sekunden 88.8 mm, also pro Sekunde 0.00095 mm.

Dieser Regen ergab auf das Niederschlagsgebiet von Dahlhausen von 213.4 qkm eine sekundliche Wassermenge von $\frac{0.00095 \cdot 213\,400\,000}{1000} = 203$ cbm. Der größte Wasserabfluß am Wehr zu Dahlhausen war um 2 Uhr mittags 200 cbm pro Sekunde. Der Wasserabfluß der Wupper war also fast genau gleich dem Niederschlag des letzten Tages.

Diese höchste Flut ergab also eine größte Abflußwassermenge von annähernd 1 cbm pro Sekunde und pro Quadratkilometer Niederschlagsgebiet.

Das starke Gefälle der Wupper, das mangelnde Grundwasser, die geringe Bewaldung des Niederschlagsgebietes verursachen ein schnelles Abfließen der durch die Niederschläge erzeugten Wassermengen. Wie aus den steil abfallenden Kurven

der Anschwellungen der Wupper in den graphischen Darstellungen des Wasserabflusses ersichtlich ist, nimmt die Wassermenge anfänglich sehr schnell ab, die Abnahme wird allmählich geringer, bis sie in länger dauernden Trockenperioden das Minimalwasser erreicht.

Der geringste Wasserabfluß der Wupper ist im Jahre 1911 zu 0,58 Sekundenliter, als Mittel aus den drei Messungen an den Meßwehren im Lütgenau- und Lingesetal, sowie aus einer Messung vermittelst Rohr mit Meßgefäß an der Lenneper Talsperre festgestellt worden.

Am 14. August und 9. September 1911 betrug die Ueberfallhöhe an dem 2 Meter breiten Meßwehre im Lingesebach mit 6,4 qkm Niederschlagsgebiet 12 mm, sodaß bei dem durch Versuche festgestellten Koeffizienten 0,47 sich die Wassermenge gleich

$$\frac{0{,}47 \cdot 2 \cdot 0{,}012 \cdot 4{,}43 \sqrt{0{,}012}}{6{,}4 \cdot 1000} = \frac{0{,}0054}{6400} = 0{,}84$$ Sekundenliter

ergab.

In gleicher Weise erhielt man am Meßwehr für das Lütgenautal, am südöstlichen Zufluß, oberhalb der Bevertalsperre, mit 4 qkm großem Niederschlagsgebiet, 9 mm Ueberfallhöhe und 1 Meter Wehrbreite die Wassermenge

$$= \frac{0{,}47 \cdot 1 \cdot 0{,}009 \cdot 4{,}43 \sqrt{0{,}009}}{4 \cdot 1000} = 0{,}44$$ Sekundenliter, während

an der Lennepertalsperre bei 0,85 qkm Niederschlagsgebiet 0,46 Sekundenliter festgestellt wurden.

Aus diesen drei Zahlen ergibt sich das für die Wupper maßgebende Mittel von $\frac{0{,}84 + 0{,}44 + 0{,}46}{3} = 0{,}58$ Sekundenliter.

Aus den verschiedenen Messungsergebnissen ist die Höhenlage der Meßwehre und die Art der Bewaldung des betreffenden Niederschlagsgebietes deutlich zu erkennen. Die größere Abflußmenge im Lingesetal gegenüber dem Lütgenautal ist zu erklären aus der 53 Meter höheren Lage und der sehr viel stärkeren Bewaldung des Niederschlagsgebiets. Der Waldboden hält die Niederschläge zurück und gibt sie in Trockenperioden in stärkerem Maße ab.

Das Verhältnis der größten zur geringsten Wasserabflußmenge der Wupper ist also **1724 : 1.**

Dieser geringste Abfluß hält sich bei andauernder Trockenheit wochenlang fast ohne Veränderung, es ist eben der Abfluß

der tiefsten Quellen, die aus den Klüften des Gebirges entspringen und ausgedehnte Behälter haben.

Die durchschnittliche Bewaldung des Niederschlagsgebietes der Wupper beträgt etwa 39 Prozent, in dem unteren Flußgebiet, wo die Bevölkerung wegen der bedeutenden Industrie der Gegend eine dichtere ist, etwa 32 Prozent und in einzelnen Gegenden des Quellgebietes der Wupper 49 Prozent.

Es sind nun in einzelnen Zuflüssen der Wupper, im Uelfetal bei Dahlhausen, Bevertal bei Hückeswagen und Bruchertal bei Marienheide, in den Jahren 1888—1894 genaue Messungen der Wasserabflüsse gemacht worden, durch selbstregistrierende mit Uhrwerk versehene Pegel.

Diese Wassermessungen ergaben, daß im Uelfetal mit 32 Prozent die Hochwässer einen sehr viel schnelleren Abfluß hatten, als im Bruchertal mit 49 Prozent Bewaldung.

In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse der Messungen einiger Flutperioden der Jahre 1888 und 1889 mitgeteilt, die einen Vergleich der Abflußverhältnisse bei Hochwasser der beiden Täler gestatten.

Name des Tales	Bewaldung in Prozenten	Gesamtabfluß vom 1. Sept. 1888 bis 1. Sept. 1889 cbm	Mittlerer Abfluß pro Quadratkilometer und Jahr cbm	Größe des Niederschlagsgebietes	Wasserabflüsse pro Tag und Quadratkilometer während der Flutperioden in Kubikmetern vom							
					1. Nov. 1888	23. Nov. 1888	3. Febr. 1889	22. Febr. 1889	12. März 1889	18. Mai 1889	27. Juli 1889	15. Aug. 1889
Bruchertal	49	6490000	911000	7.1	6300	7460	7180	4800	7300	1400	7900	5500
Uelfetal .	32	12040000	860000	14	9000	8350	8000	8570	8650	1650	12000	6100

Aus der Tabelle geht hervor, daß der Abfluß in dem mit 49 Prozent schönem Hochwald besetzten Bruchertal ein sehr viel geringerer war, als in dem mit nur 32 Prozent niedrigerem Walde besetzten Uelfetal.

Der Einfluß des um die Hälfte größeren Hochwaldes in Bezug auf Zurückhalten der Hochwassermenge beträgt also etwa 30—50 Prozent.

Die Niedrigwassermengen sind natürlich entsprechend größer in dem waldreichen Bezirk, da das Wasser in dem Waldboden zurückgehalten wird und erst allmählich zum Abfluß gelangt. Der lockere Waldboden wirkt also hier als Aufspeicherer der Niederschläge und Regulator der Abflußwässer.

Die in diesem Kapitel mitgeteilten Ergebnisse der Wassermessungen im Wuppergebiet sind wohl geeignet, zu technischen und hydrographischen Arbeiten auch in anderen Flußgebieten

benutzt zu werden, wenn man die in diesen anderen Flußgebieten vorhandenen Niederschlagsverhältnisse, die Bewaldung u. s. w., dabei berücksichtigt.

6. Die Regulierung der Wupperwasserabflüsse.

Die außerordentlich wechselnden Wasserabflußmengen der Wupper, bei Hochfluten Ueberschwemmung der Ufer, Wegreißen von Brücken, Zerstörungen an Gebäuden, Gefahren für Leben und Eigentum der Anwohner, dann wieder bei langen Trockenperioden die außerordentlich geringe Wassermenge, die eine Benutzung durch Triebwerke oder Wegspülen der Abwässer der Fabriken und großen Städte unmöglich macht, ließ eine bessere Regulierung des Wasserabflusses sehr wünschenswert erscheinen.

Hatte doch die Hochflut vom 24. November 1890 die großen Industriestädte Barmen und Elberfeld teilweise unter Wasser gesetzt, mehrere Brücken fortgerissen, durch Eindringen des Wassers in wertvolle Lagerräume großen Schaden angerichtet und sogar vier Menschenleben vernichtet. Der Gesamtschaden wurde auf mehrere Millionen Mark angegeben.

Die 70 Triebwerke an der Wupper mußten durch die wechselnden Wassermengen außerordentlich leiden. Die größeren Werke legten sich genügende Dampfmaschinen an zum Ersatz der fehlenden Wasserkräfte in den Trockenperioden, viele kleinere Werke waren dagegen nicht imstande, solche Anlagen zu machen, sie mußten bei Wassermangel still liegen oder den Betrieb sehr einschränken, wodurch die Leistungsfähigkeit dieser Geschäfte sehr geschädigt wurde.

Um diese Uebelstände zu beseitigen, lag es nahe, daran zu denken, ob die Aufspeicherung der überflüssigen, schadenbringenden Hochwässer in große Sammelbecken sich ermöglichen ließe, damit diese Wassermengen, in den Trockenperioden abgelassen, die Niedrigwassermenge des Flusses so erhöhen könnten, daß ein gleichmäßiges Betriebswasser für die Werke und eine bessere Spülung des Flusses in den Städten erzielt wurde, was für letztere in sanitärer und ästhetischer Beziehung von großer Bedeutung war.

Im Jahre 1887 bildete sich ein Komitee von Wasserwerksbesitzern an der Wupper, Stadtvertretungen, Behörden und Sachverständigen zur Schaffung von Sammelbecken im Wuppergebiet durch Talsperrenanlagen in den dazu geeignet erscheinenden Seitentälern der Wupper, möglichst in der Nähe der Quellgebiete,

um vielen Interessenten Nutzwasser für ihre Betriebe schaffen zu können.

An der Spitze des Komitees stand Herr Oberregierungsrat Koenigs in Düsseldorf, damals Landrat des Kreises Lennep, der durch seine rastlosen Bemühungen und außerordentlichen Fähigkeiten im Ueberwinden von Schwierigkeiten für das Zustandekommen der projektierten Anlagen und die Bildung der Wuppertalsperren-Genossenschaft sich die größten Verdienste erworben hat.

Die wissenschaftlich-technische Seite der Fragen wurde in genialster Weise gelöst von dem Geh. Regierungsrat Herrn Professor O. Intze in Aachen, während die Finanzverhältnisse durch den energischen Vertreter des Welthauses Joh. Wülfing & Sohn in Lennep, Herrn Kommerzienrat Fr. Hardt, in bester Weise geregelt wurden.

Die übrigen Komiteemitglieder und der Verfasser haben sich redlich Mühe gegeben, jeder nach seinen Kräften mitzuwirken an dem Zustandekommen des großen Werkes. Wenn dieses in Bezug auf Leistungsfähigkeit auch noch nicht vollkommen genannt werden kann und durch die hohen Betriebskosten den Teilnehmern noch nicht den erhofften Nutzen bringt, so ist es doch noch entwickelungsfähig und wird seiner Zeit nach allen Richtungen hin segensreich wirken.

Zur Vornahme der notwendigen Vorarbeiten wurden im Uelfe-, Bever- und Bruchertal selbstregistrierende Pegel aufgestellt, um über die Wassermengen, die die Täler liefern konnten, genaue Messungen zu erhalten, diese wurden alsdann mit den Messungen des Verfassers in Dahlhausen verglichen und zu den Kalkulationen benutzt. Ebenso wurde durch Probelöcher der Untergrund der Stellen untersucht, an denen man sich die Sperrmauer der Sammelbecken gedacht hatte, um über die Sicherheit, Dichtigkeit und Kosten der Anlagen möglichst genaue Aufschlüsse zu erhalten.

Da die Verzinsung und Amortisation der Anlagekosten, sowie die Betriebskosten für die Regulierungswerke der Wupper durch die Interessenten aufgebracht werden mußten und immer ein Teil derselben als Gegner auftrat, so mußte erst ein neues Gesetz geschaffen werden, das in Form einer Zwangsgenossenschaft durch die Mehrheit der Interessenten den Beitritt der Minderheit erzwingen konnte.

Das Gesetz kam nach vielen Bemühungen seitens des Komitees zustande, und die Abstimmung ergab eine große Mehrheit

zur Gründung der Wuppertalsperren-Genossenschaft mit dem Sitz in Hückeswagen. Herr Bürgermeister Hagenkötter in Neuhückeswagen wurde zum Vorsteher der Genossenschaft erwählt und leitete die Geschäfte derselben mit Hilfe eines Vorstandes in dankenswerter Weise.

Es wurde beschlossen, eine Talsperre im Bevertal mit 3300000 cbm Inhalt und eine zweite im Lingesetal mit 2600000 cbm Inhalt zu erbauen, nach den Plänen des Geh. Regierungsrats Professor Intze in Aachen.

Die Bevertalsperre wurde 1896—1898 durch den Verfasser ausgeführt, die Lingesetalsperre von 1897—1899 durch die Firma H. Schutte in Barmen.

Die Bevertalsperre, in beiliegender Zeichnung dargestellt, hat eine Kronenlänge von 225 m, die ganze Länge bis zum dichten Anschluß an den Felsen beträgt 260 m. Der Aufstau des Wassers über die Talsohle ist 17 m, die Fundamenttiefe unter der Talsohle 5—9 m, die Höhe über dem Wasserspiegel ist 1 m, so daß die größte Höhe der Mauer über dem dichten Felsuntergrund 27 m beträgt. Die größte Mauerstärke ist 17 m, die Kronenbreite 4.55 m. Die Mauer wurde überall an den festen Felsen der Talsohle und der Berghänge angeschlossen und nach einem Gewölbebogen gegen den Wasserdruck von 250 m Radius erbaut. Sie hat ein solches Querprofil erhalten, daß die Kraftwirkungen bei leerem und bei vollem Talbecken stets im inneren Drittel der Mauerstärke bleiben, um überall und unter allen Umständen nur Druckwirkungen zu erhalten und durch Vermeidung von Zugwirkungen Klaffungen im Mauerwerk zu verhindern. Bei der Stabilitätsberechnung ist die Gewölbewirkung der gegen den festen Felsen gespannten und gekrümmten Mauer nicht beachtet worden.

Diese Krümmung der Mauer ist dagegen notwendig, um bei Ausdehnung derselben durch Wärme und Zusammenziehen durch Kälte ein Reißen der Mauer zu verhüten, da die Bewegung der Mauer durch die Temperaturwirkungen nur eine Vermehrung oder Verminderung der Bogenpfeilhöhe bewirkt.

Die Mauersteine, fester Lenneschiefer, wurden an Ort und Stelle gebrochen und, nachdem sie durch Stahlbürsten unter Wasserdruck und Spülung von allem anhaftenden Schmutz befreit waren, mit einem Mörtel von 1 Teil Weißkalk, $1^1/_2$ Teilen Plaidter Traß und $1^3/_4$ Teilen rein gewaschenem Rheinsand vermauert.

An der rechten Seite erhielt die Mauer sieben gewölbte Ueberlauföffnungen von je 7.80 m Breite, mit einem Schlitz von

1 m Breite und 1.60 m Höhe, der, mit einem Schütz versehen, während der Wintermonate geöffnet ist, damit der Wasserstand nicht bis zur oberen Ueberfallkante steigt und immer ein Hochwasserschutzraum von mindestens 500000 cbm bei gefülltem Becken verbleibt, damit die Hochfluten im Wuppertal, dem Niederschlagsgebiet der Talsperren entsprechend, verringert werden.

Der Ueberlauf mündet in eine Kaskade am rechten Berghang, die das Ueberlaufwasser in den Bach leitet.

Der Wasserablaß geschieht durch zwei gußeiserne Rohre von je 800 mm lichter Weite, deren Abschlußschieber in zwei, durch kleine Schieberhäuser verdeckten Stollen inmitten der Mauer liegen. An der inneren Seite der Mauer befinden sich noch zwei Drosselklappen, mit Gestänge nach oben, die auf der Mauer durch Winden bedient werden können und den Zweck haben, bei etwaigen Reparaturen an den Hauptschiebern den Wasserandrang zurückhalten zu können. Durch die innere Anschüttung der Mauer sind dann noch Stollen bis ins freie Talbecken geführt, an deren Wassereinlauf sich Rechen befinden zur Abhaltung mitgeschwemmter Gegenstände.

Um eine vollkommene Wasserdichtigkeit der Mauer zu erzielen, ist diese nach der Wasserseite hin, von dem dichten Felsanschluß an bis zur Oberkante, mit einem starken Zementverputz und Gudronanstrich versehen worden. Soweit dieser Verputz und Anstrich über die innere Anschüttung hinausragt, ist dann die Mauer durch eine Zementbruchsteinmauer verblendet worden, zum Schutz gegen die Einwirkungen von Wasser und Atmosphäre.

Die Ueberlauföffnungen haben nach der Wasserseite hin Eisbrecher von verzinktem Eisen erhalten, und es sind nachträglich noch selbsttätig wirkende Klappen zwischen denselben angebracht worden, um den Aufstau noch um 0.60 m zu erhöhen, was bei der Wasseroberfläche von 500000 qm einen erhöhten Beckeninhalt von 300000 cbm ergab.

Die Talsperre im Lingesetal ist genau in derselben Weise konstruiert und ausgeführt worden.

Die obere Länge beträgt bei ihr 185 m, die Stauhöhe 17 m, die untere Mauerstärke 15.5 m, die obere 4.5 m.

Der Inhalt des Talbeckens ist 2 600 000 cbm, dieses steht nicht im richtigen Verhältnis zu der Größe des Niederschlagsgebietes von 9,1 qkm, da es unmöglich ist, die zurückgehaltenen Hochwässer zur Regulierung des Wupperabflusses voll auszunützen.

Bei der Bevertalsperre ist der Inhalt des Beckens von 3 300 000 cbm im Verhältnis zum Niederschlagsgebiet von 22,3 qkm viel zu klein, da die Hochwässer sich in den meisten Jahren nicht genügend zurückhalten lassen und große Wassermengen überlaufen.

Bei der Bemessung des Inhaltes der Talsperrenbecken wurden die Wasserverhältnisse der Jahre 1888 und 1889 zugrunde gelegt, in denen die Wasseranschwellungen, die Fluten, so gleichmäßig verteilt waren, daß es möglich war, die zurückgehaltenen Wassermengen in den zwischen den Anschwellungen liegenden Niedrigwasserzeiten vollständig auszunutzen, und daß nur ganz geringe Wassermengen zum Ueberlauf kamen.

Es wurde auf eine Erhöhung des Niedrigwassers an der mittleren Wupper vor Barmen, mit 310 qkm Niederschlagsgebiet, während der Wintermonate vom 1. November bis 15. April auf 6000 Sekundenliter und während des Sommers, vom 15. April bis 1. November, auf 4200 Sekundenliter gerechnet, während 14½ Stunden am Tage.

Nachts sollte nur das ohne Talsperrenzufluß vorhandene Wupperwasser durchfließen.

Aus .den Wassermengen der Wupper, die in den Jahren 1888 und 1889 gemessen waren, wurden die Tage im Winter unter 6000 Sekundenliter, im Sommer unter 4000 Sekundenliter Wasserabfluß herausgezogen und der Wassermangel an diesen Beträgen während 14½ Stunden berechnet.

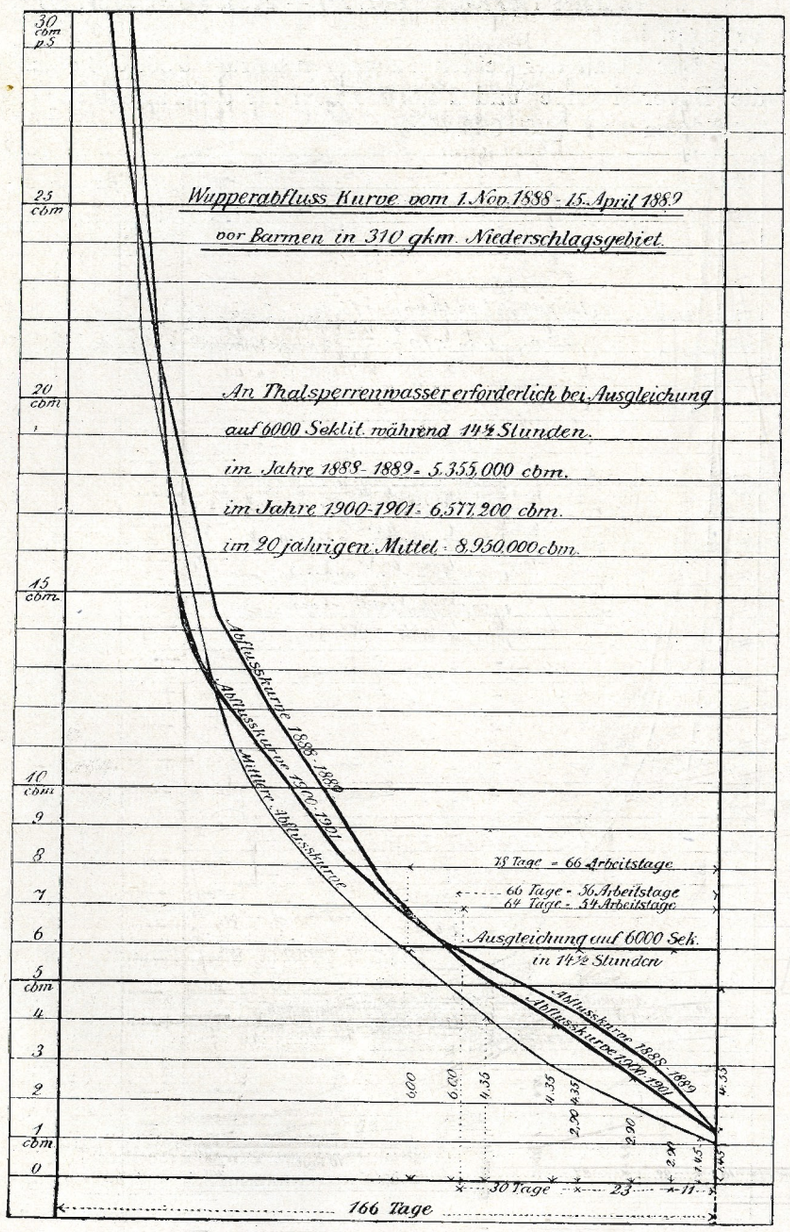
Gleichzeitig wurden die Zuflüsse der Bevertalsperre bei 22 qkm Niederschlagsgebiet und der Lingesetalsperre bei 9 qkm Niederschlagsgebiet in Rechnung gezogen und mit den für die Wupperausgleichung nötigen Wassermengen verglichen. Es ging daraus hervor, daß die beiden Talsperren für ein solches Jahr wie 1888 und 1889, mit gleichmäßig verteilten Hochfluten im Sommer und Winter, genügendes Wasser liefern konnten, um den Wassermangel vor Barmen zu decken.

In den nachfolgenden graphischen Darstellungen sind die Wasserabflüsse der Wupper, nach ihrer Menge geordnet, in der Weise aufgezeichnet, daß eine stetige fast parabolische Abflußkurve entsteht, und es sind darin die Anzahl der Tage, an welchen eine gewisse Wasserabflußmenge vorhanden war, verzeichnet.

Zum Vergleich der Verschiedenheit des Wasserabflusses in den betreffenden Jahren ist die Abflußkurve sowohl für die Wintermonate wie für die Sommermonate der Jahre 1888, 1889 dann nach dem zwanzigjährigen Mittel und für das Jahr 1901 mit vollständig fehlender Sommerflut und einer Trockenperiode

von etwa 6 Monaten aufgezeichnet worden. Nach Einzeichnung der Ausgleichungslinien für Sommer und Winter sind dann die vor Barmen fehlenden Wassermengen berechnet, die von dem aufgespeicherten Talsperrenwasser gedeckt werden sollten.

Aus nachstehenden Wupperabflußkurven für die mittlere

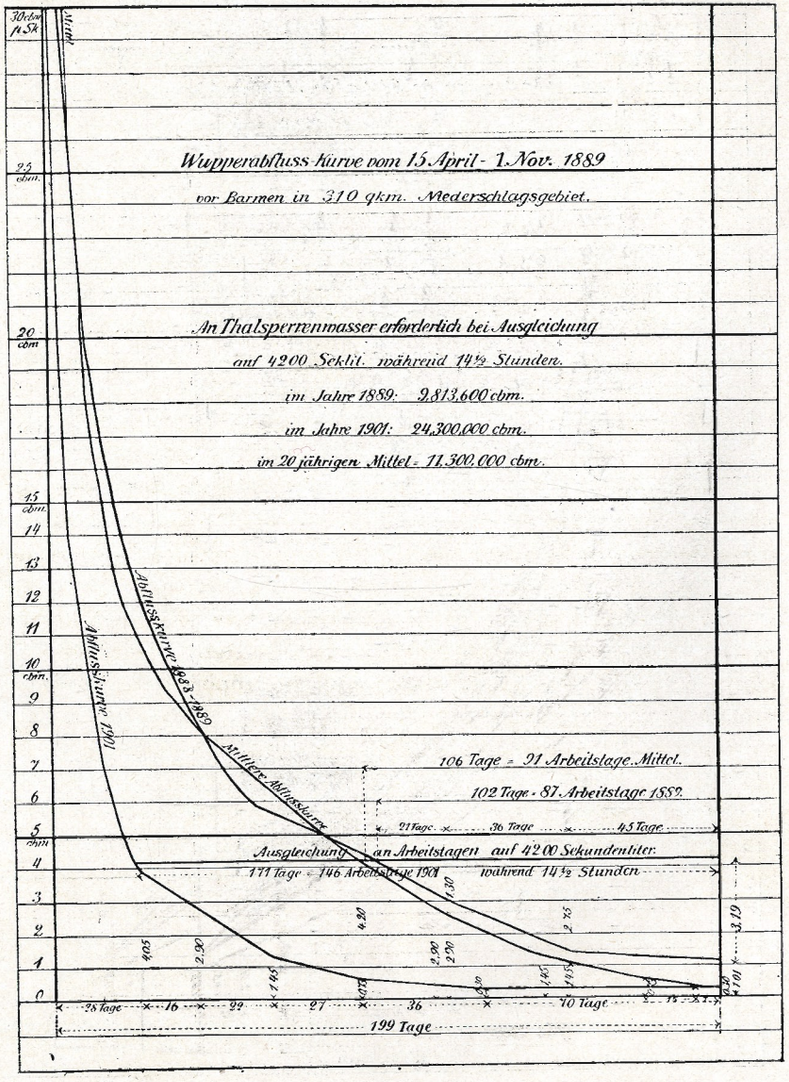


Wupper vor Barmen, für die Winter- und Sommermonate, geht also hervor, daß der durch die Talsperren zu ersetzende Mangel an Wasser

in den Jahren 1888, 1889	5 355 000	+ 9 813 600	= 15 168 600	cbm
nach zwanzigjährigem Mittel	8 950 000	+ 11 300 000	= 20 250 000	cbm
im Jahre 1900/1901	6 577 200	+ 24 300 000	= 30 877 200	cbm

betragen hätte.

Der Inhalt der beiden Talsperren beträgt 3 300 000 cbm für die Bevertalsperre und 2 600 000 cbm für die Lingesetalsperre, in Summa also 5 900 000 cbm.



Da die Talsperren immer in den Trockenperioden, zwischen den Anschwellungen der Wupper, abgelassen werden und jährlich sechs bis zehn Anschwellungen der Wupper und Seitenbäche vorkommen, so sammeln sie immer wieder neue Wassermengen an, bevor sie ganz entleert werden.

Durch die bisherigen Beobachtungen wurde festgestellt, daß die durch beide Talsperren abgelassenen Nutzwassermengen pro Jahr 12—15 Millionen cbm betragen, es ist also möglich, den Bedarf in günstigen Jahren zu decken, in denen nicht zu lange Trockenperioden vorkommen.

In den Trockenperioden kann im günstigsten Falle nur mit dem Inhalt der gefüllten Tallsperren gerechnet werden, und die Erfahrungen des Jahres 1901 haben gezeigt, daß er nach zweimonatiger Trockenperiode verbraucht ist.

Es fehlte im Jahre 1901 also eine große Wassermenge, und die Talsperren blieben von Mitte Juli bis Mitte September leer. Es hat sich herausgestellt, daß der Inhalt der Stauweiher etwa drei mal so groß hätte sein müssen, um unter allen Umständen den Wassermangel decken zu können.

Für die Jahre, welche keine Sommerfluten haben oder Trockenperioden über 2 Monate lang, wird deshalb immer Wassermangel eintreten, was für diejenigen Werke, die in ihren Anlagen auf ein stetiges Betriebswasser angewiesen sind und darauf gerechnet haben, außerordentlich nachteilig ist.

Besonders leiden darunter die Elektrizitätswerke, die in ihren Kalkulationen einen Dampfersatz für die fehlenden Wasserkräfte nicht berücksichtigt und im Vertrauen auf die Talsperrenanlagen große Summen angelegt haben.

Nach den graphischen Darstellungen der Wupperwassermengen von 1882 bis 1901 sind in den letzten 20 Jahren 12 Jahre mit außergewöhnlich langen Trockenperioden, über 2 Monate lang, vorgekommen, in denen der Vorrat der Talsperren nicht ausgereicht hätte, um den Wassermangel zu decken.

Man wird deshalb dazu übergehen müssen, noch weitere Talsperren zu erbauen oder die Ausgleichung der Wupper in den Zeiten des Wassermangels auf einer geringeren Höhe zu halten. Letzteres würde für die größeren Werke unangenehm sein, während diejenigen Werke, deren Wasserverbrauch unter der Ausgleichungshöhe liegt, befriedigt sein können.

Da nun die Beiträge der Werke zur Deckung der Verzinsung und der Amortisation der Anlagekosten sowie der Be-

triebskosten nach dem den betreffenden Werken gelieferten Nutzen bemessen werden, so werden die Kosten für die Nutzpferdekräfte so hoch, daß der Nutzen der gewonnenen Wasserkraft gegen die Dampfkraft aufgehoben ist.

Es wird sich deshalb empfehlen, das Privilegium, welches die Talsperrengenossenschaft zur Ausnutzung der Hochwassermengen der Wupper besitzt, in anderer Weise zu benutzen, indem Talsperren zum Zwecke der Wupperausgleichung und gleichzeitig für Wasserleitungen nach den großen Städten der Nachbarschaft gebaut werden und die so bemessen sind, daß sie genügendes Wasser liefern können für beide Zwecke.

Die Einnahmen für das zu Wasserleitungszwecken gelieferte Wasser würden leicht so bemessen werden können, daß die Beiträge der Werkbesitzer eine zulässige Höhe nicht zu überschreiten brauchen.

Nach eingetretener Amortisation der Anlagen wird erst der volle Nutzen der Talsperren zur Wirkung kommen, und die Nachkommen werden mit billigen Wasserkräften versorgt werden.

Da das Wasser der Talsperren nicht Tag und Nacht hindurch abgelassen werden kann, weil sonst das nachts abgelassene Wasser den Werken mit nur Tagesbetrieb verloren wäre und die Ausgleichung des Wassermangels in den Trockenperioden noch viel geringer werden würde, so war man genötigt, die Fließzeit des Wassers durch den Fluß zu berücksichtigen und die unvermeidlichen Störungen durch dieselbe dadurch aufzuheben, daß man innerhalb des Wupperlaufes mehrere Ausgleichsweiher anlegte, die imstande waren, das zurückgebliebene Wasser zu sammeln und alsdann planmäßig abzugeben.

Ein solcher Ausgleichsweiher wurde in Dahlhausen dadurch geschaffen, daß das frühere Wehr um 0.50 m erhöht und dadurch ein Weiher von 56 000 cbm Inhalt gebildet wurde.

Der zweite Ausgleichsweiher mit 72 000 cbm Inhalt wurde oberhalb Beyenburg, der dritte mit 66 000 cbm Inhalt unterhalb Elberfeld, in Buchenhofen erbaut.

Zwischen den beiden ersten Ausgleichsweihern liegen die größten Betriebswerke: eine Spinnerei, zwei Tuchfabriken und ein Elektrizitätswerk, die mit einem Gesamtgefälle von 20 m, bei Niedrigwasser 4500, bei Hochwasser 7000—8000 Sekundenliter Betriebswasser mit annähernd 900 resp. 1400 Pferdekräften ausnutzen können.

Da diese Werke zwischen zwei Becken liegen, so sind sie imstande, das nachts fließende Wasser mit auszunutzen,

indem es im oberen Becken aufgespeichert wird, um dann am Tage einen erhöhten Nutzen zu erzielen, weil es das Betriebswasser erhöht.

Der unterhalb liegende Beyenburger Weiher nimmt das erhöhte Betriebswasser mit auf und gibt das Wasser alsdann für die unterhalb liegenden Betriebe in zweckdienlicher Weise ab.

Die Konstruktion der Wehre an den Ausgleichsweihern sind aus den beigehefteten Zeichnungen ersichtlich. In Dahlhausen ist auf das vorhandene feste Wehr ein einfacher, selbsttätig wirkender Aufsatz angelegt worden. Er besteht aus einer 0.50 m hohen Eisenblechtafel, die sich bei Hochwasser selbsttätig umlegt und bei sinkendem Wasser wieder aufrichtet.

Bei dem Bau der Ausgleichsweiher in Beyenburg und Buchenhofen sind recht komplizierte Konstruktionen angewendet worden, die aus einer Reihe von drehharen Holzklappen auf einer festen Wehrunterlage bestehen, die sich selbsttätig bei höherem Wasserstand umlegen und wieder aufrichten sollen.

In der Mitte der Wehre sind Drehtore angelegt zum Ablassen und Reinigen der Becken und an einer Seite Ablaßschleusen, die eine Regulierklappe enthalten, durch welche ein gleichmäßiges Ablassen des Wassers, trotz sinkendem oder steigendem Wasserstand, ermöglicht wird.

Die beweglichen Holzklappen sind an Rahmen befestigt, die vermittelst fahrbarer Winden unter die Brücken gezogen werden können, damit bei Hochwasser durch mitschwimmende Holzteile und dergleichen ein Verfilzen der Konstruktionsteile und dadurch Ueberfluten und Durchbrechen derselben verhütet wird.

Leider sind durch die sehr komplizierten Anlagen die Kosten der Wupperregulierung erheblich erhöht worden, wodurch eine Rentabilität der Gesamtanlagen wesentlich erschwert wurde. Das mangelhafte Funktionieren der selbsttätigen Klappen, die meistens festgestellt werden müssen, damit sie nicht zu unrichtiger Zeit umklappen und die, wenn sie richtig arbeiten, so undicht sind, daß der Zweck der Aufspeicherung des Wassers dadurch hinfällig wird, läßt es bedauern, daß man nicht einfachere, billigere und richtig funktionierende Konstruktionen angewendet hat.

Die Regulierung des Wasserabflusses der Wupper ist nun, trotz der vorhandenen Ausgleichsweiher, eine so unvollkommene, daß der Verfasser Vorschläge gemacht hat, durch welche eine Verbesserung erzielt werden kann.

Der Betrieb der Wupperfabriken erfordert als erstes und hauptsächlichstes Bedürfnis möglichst gleichmäßigen Wasserabfluß während der Arbeitsstunden am Tage. Wenn er stark wechselt, so sind manche Fabriken nicht in der Lage, inmitten des Betriebs die Dampfmaschinen abzustellen und die Wassermotoren einzusetzen, sie müssen vielmehr das Wasser so lange unbenutzt lassen, bis es möglich wird, den Betrieb zu wechseln.

Es muß deshalb dafür gesorgt werden, daß das Wasser der Talsperren und der Ausgleichsweiher so abgelassen wird, daß während der Arbeitszeit ein gleichmäßiger Wasserlauf stattfindet.

Außerdem ist es zur rationellen Ausnutzung der Gefälle notwendig, mit einer gewissen sicheren Wassermenge rechnen zu können, da bei vielen Betrieben ein Dampfersatz nicht vorhanden und die Anlage eines solchen nicht rentabel ist. Ein gleichmäßiger Wasserlauf und das rechtzeitige Eintreffen des Wassers an jedem Betriebe ist nur möglich, wenn das Wasser ohne Unterbrechung durch die Motoren, oder, wenn diese nicht alles vorhandene Wasser fassen, an ihnen vorbeilaufen kann. Jede Pause im Betriebe macht sich bei den unterhalb liegenden Werken sehr unliebsam bemerkbar, da die Unterbrechung des Wasserlaufs dort viel später zur Erscheinung kommt und das obere Wasser während der Pause des unterhalb liegenden Werkes anfänglich eine Zeit lang unbenutzt vorbeilaufen muß.

Das obere Wasser kommt alsdann ebenso lange Zeit nach dem Ende der Pause des unteren Werkes an, wie die Fließzeit des Wassers zwischen den Werken beträgt.

Es ist deshalb notwendig, daß an jedem Werke eine Einrichtung getroffen wird, die es ermöglicht, das ankommende Wasser sofort weiter zu senden, mit oder ohne eigene Benutzung. Die vorhandenen Wehre können dabei nicht als Ueberlauf dienen, da sich bei jedem Stillstand des Betriebes vorerst das ganze Wehrbecken um die Strahldicke der überlaufenden Wassermenge anfüllen muß, bevor die zufließende Wassermenge ganz über das Wehr abfließen kann.

Es würde dadurch eine Zeit lang zu wenig Wasser abfließen und nach dem Ende der Pause die Wassermenge um ebensoviel vergrößert werden. Wenn deshalb das Schütz des Motors während des Tages geschlossen werden muß, so muß sofort das Schütz eines Leerlaufkanals oder Abfallgrabens geöffnet werden, damit das ankommende Wasser ungehindert weiterfließen kann.

Um während der Arbeitszeit am Tage das ganze vorhandene Wasser zur Verfügung zu haben, sollen die Talsperren nur am Tage Wasser abgeben oder wo es, wie bei den Pulvermühlen der oberen Wupper, Tag und Nacht gebraucht wird, soll das Wasser gleichmäßig Tag und Nacht abfließen, aber das nachts fließende Wasser durch einen Sammelweiher oberhalb der Werke mit Tagesbetrieb aufgefangen und auf die Arbeitsstunden verteilt so abgegeben werden, daß es rechtzeitig bei den unteren Werken ankommt und bis zum Ende der täglichen Betriebszeit anhält.

Unter diesen Umständen wird sich der Wasserlauf der Wupper wie folgt gestalten müssen:

Nach der Einlaufstelle der Lingesetalsperre in die Wupper sind nur Werke mit Tag- und Nachtbetrieb vorhanden. Infolgedessen muß das Wasser dieser Talsperre Tag und Nacht gleichmäßig abgelassen werden. Unter dem letzten dieser Werke unterhalb des Gefälles von Egerpohl muß alsdann ein Ausgleichsweiher bei Leyersmühle angelegt werden, der das nachts fließende Wasser aufspeichert und es in der Weise abgibt, daß die Werke bis zur Bevermündung während der Tageszeit ihr Betriebswasser zur Verfügung haben.

Da das Wasser nun einer gewissen Fließzeit bedarf, so müssen in passenden Abständen von einander solche Sammelweiher angelegt werden, damit die Werke das Wasser rechtzeitig erhalten.

Diese Sammelweiher dienen also ebenso zur Ausgleichung der Verzögerungen des Wasserlaufes als auch zum Auffangen der seitlichen Zuflüsse der Wupper, welche Tag und Nacht stattfinden, aber dann aufgespeichert werden, um am Tage verstärkt zur Wirkung zu gelangen. Je weiter solche Ausgleichsweiher auseinander liegen, desto mehr Inhalt müssen sie haben, um das nachfließende Wasser des oberen Weihers und die Tag und Nacht fließenden Seitenbäche auffangen zu können.

Die Bevertalsperre muß das Wasser so frühzeitig abgeben, daß die Werke in Hückeswagen es rechtzeitig erhalten. An der Bevermündung trifft es mit dem Wasser aus dem Weiher von Leyersmühle zusammen, welches ebenfalls so frühzeitig abgelassen wurde, um denselben Zweck zu erreichen. Da nun die Entfernung bis zum Dahlhauser Weiher zu groß ist, um den Werken zwischen Hückeswagen und Dahlhausen das Wasser rechtzeitig zu liefern, müßte in Hammerstein ein Weiher angelegt werden, am besten durch Erhöhung des

Hammersteiner Wehres, da über ihm noch 3 m freies Gefälle vorhanden sind.

Ebenso ist die Entfernung des Buchenhofener Weihers von der Wuppermündung so groß, daß eine zweckdienliche Regulierung des Wassers für die Werke unmöglich ist, es wird deshalb notwendig sein, Ausgleichsweiher an vorhandenen freien Gefällen oberhalb Wiesenkotten und Auerkotten anzulegen.

Sämtliche noch notwendigen Ausgleichsweiher lassen sich an vorhandene Wehre, ähnlich wie in Dahlhausen mit Benutzung von oberhalb liegenden unbenutzten Gefällen anbringen, so daß nur Grunderwerb, so weit das Wasser anliegendes Land überstaut, und Wehraufsätze nötig sind, die verhältnismäßig geringe Anlagekosten verursachen werden.

Durch die Aufspeicherung des nachts fließenden Wupperwassers in den vorhandenen und vorgeschlagenen Ausgleichsweihern wird für diejenigen Flußstrecken, in denen ein nächtliches Fließen des Wassers unnötig ist und die Triebwerke keinen Nachtbetrieh haben, eine wesentliche Verstärkung des Betriebswassers am Tage erreicht. Die Erhöhung des Niedrigwassers durch das nachts fließende Wasser kann also am Tage den Talsperrenablaß so lange ersetzen, bis das Nachtwasserquantum unter die Hälfte des Tagesbedarfs gesunken ist, und auch dann noch den Wassermangel so ermäßigen, daß der Bedarf an Talsperrenwasser erheblich vermindert wird.

In der gegenüberstehenden graphischen Darstellung ist der Nutzen solcher Ausgleichsweiher ersichtlich, und es ist dabei angenommen, daß zwischen Beyenburg und Buchenhofen, an den Städten Elberfeld und Barmen vorbei, nur am Tage das erhöhte Niedrigwasserquantum, und nachts nur das aus den Seitentälern unterhalb Beyenburg kommende Wasser vorbeifließt.

Der Beyenburger Ausgleichsweiher faßt 73000 cbm, er erhält an den 11 Arbeitsstunden am Tage 240000 cbm und in den 13 Nachtstunden 70000 cbm Wasserzufluß von dem oberhalb liegenden Elektrizitätswerk Schlenke.

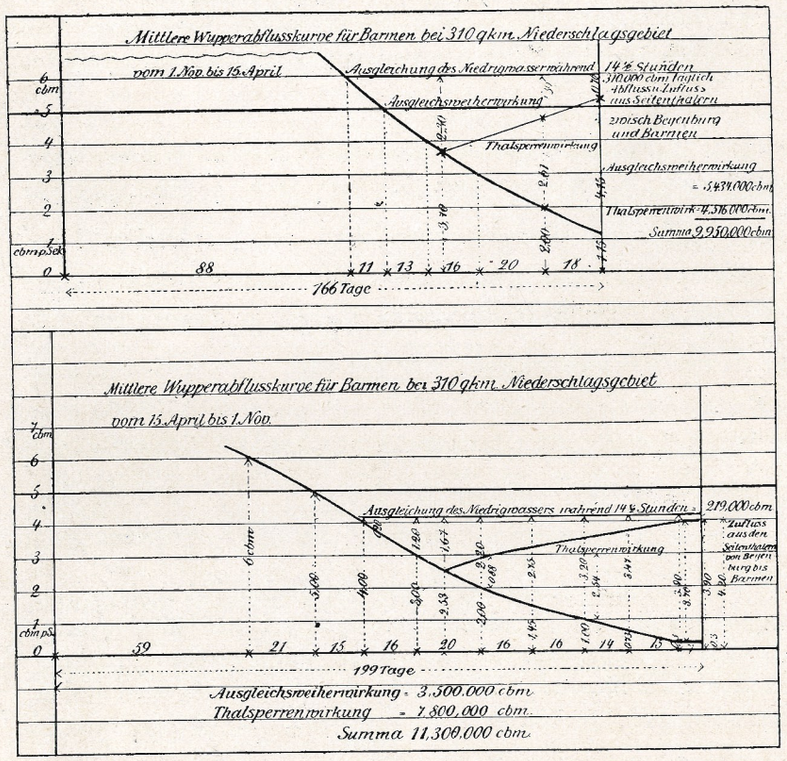
Die Abgabe während der Tagesstunden ist gleich dem Zufluß, das nachts fließende Wasser wird aufgespeichert und so abgegeben, daß es in Barmen 7 Uhr morgens ankommt und bis 9½ Uhr abends fließt. Die Fließzeit zwischen Beyenburg und Barmen beträgt erfahrungsgemäß 3 Stunden, der Beyenburger Weiher muß also von 4 Uhr früh abgelassen werden bis 6½ Uhr abends.

Der Talsperrenablaß muß im Winter also beginnen, wenn das in 24 Stunden ohne Hemmung zufließende Wupperwasser weniger als 310000 cbm liefert, also bei

$$\frac{310000 \text{ cbm}}{86400 \text{ sek.}} = \mathbf{3.70} \text{ Sekundenkubikmeter.}$$

Der Talsperrenzufluß nimmt dann allmählich in dem Maße zu, wie der Wupperabfluß abnimmt. Bei 2 cbm Wasserabfluß in der Wupper pro Sekunde in Beyenburg liefert die Wupper täglich $2 \cdot 86400 = 172800$ cbm. Die Talsperren müssen also zur Ausgleichung liefern $310000 - 172800 = 137200$ cbm oder für die 14½stünd. Ablaßzeit

$$\frac{137200}{14.5 \cdot 3600} = \mathbf{2.61} \text{ Sekundenkubikmeter.}$$



Bei 1 cbm Wupperwasserzufluß in derselben Weise berechnet $\frac{310000 - 86400}{14.5 \cdot 3600} = 4.28$ Sekundenkubikmeter.

Im Sommer muß der Talsperrenablaß beginnen, wenn das Wupperwasser weniger als 219000 cbm pro Tag liefert, also bei

$$\frac{219\,000}{86\,400} = 2.53 \text{ Sekundenkubikmeter.}$$

Bei 2 cbm Wupperabfluß pro Sekunde liefert die Wupper $2 \cdot 86\,400 = 172\,800$ cbm, die Talsperren müssen also liefern

$$\frac{219\,000 - 172\,800}{14.5 \cdot 3600} = 0.88 \text{ Sekundenkubikmeter.}$$

Bei 1 cbm Wasserabfluß pro Sekunde also

$$\frac{219\,000 - 1 \cdot 86\,400}{14.5 \cdot 3600} = 2.54 \text{ Sekundenkubikmeter.}$$

Bei 0.3 cbm Wasserzufluß pro Sekunde also

$$\frac{219\,000 - 0 \cdot 3.86400}{14.5 \cdot 3600} = 3.70 \text{ Sekundenkubikmeter.}$$

Die Talsperrenwasserlieferung würde also im Winter, ohne Berücksichtigung der Ausgleichsweiher und Aufspeicherung des nachts fließenden Wupperwassers, laut der graphischen Darstellung für mittleren Abfluß betragen müssen: 8 950 000 cbm.

Mit Ausgleichsweiheraufspeicherung dagegen nur **4 516 000** cbm

Die Ausgleichsweiherwirkung war demnach 4 434 000 cbm

Im Sommer ohne Ausgleichsweiher, wie oben 11 300 000 cbm

Mit Ausgleichsweiheraufspeicherung dagegen **7 800 000** cbm

Die Ausgleichsweiherwirkung war demnach 3 500 000 cbm

und im ganzen Jahre $4\,434\,000 + 350\,000 = \mathbf{7\,934\,000}$ cbm

Der gesamte Talsperrenablaß würde also bei Anlage von Ausgleichsweihern nach obiger Berechnung 12 316 000 cbm sein, eine Wassermenge, die in den Jahren mit kürzeren Trockenperioden als 2 Monate und eintretenden Sommerfluten mit den vorhandenen Talsperren geliefert werden kann.

Für die Jahre mit längeren Trockenperioden wäre auch dann noch Wassermangel zu erwarten, aber eine vermehrte Anlage von Ausgleichsweihern durch die bessere Regulierung des Wasserlaufes auch dann noch sehr empfehlenswert.

7. Talsperren im Wuppergebiet zu Wasserleitungszwecken.

Die Stadt Remscheid hatte durch ihre hohe Lage von jeher mit Wassermangel in Trockenperioden zu kämpfen. Die Brunnen versiegten schnell, und die Einwohner waren genötigt, sich auf alle mögliche Weise Wasser zu verschaffen. Es mußte vermittelst Eimer oder fahrbarer Behälterr aus den Tälern der Umgebung geholt werden und verursachte den Einwohnern große Unkosten.

Die Kleineisenindustrie in der Stadt war im Begriff, im Wettkampf zu erlahmen, da es unmöglich war, den Betrieb zu vergrößern oder durch Anlage von Dampfmaschinen rationeller zu gestalten, weil Dampfmaschinenanlagen viel Wasser erfordern, das dort nur schwer zu haben war.

Remscheid entschloß sich deshalb, eine Wasserleitung zu erbauen, die aus den Quellen und dem Grundwasser des Eschbachtales das nötige Wasser entnehmen sollte. Es wurde infolgedessen in einer Anzahl angekaufter Wiesen eine Reihe von Brunnen angelegt, die mit Grundwasserdämmen und Filterröhren versehen waren und das unterirdisch über den Felsen des Taluntergrundes fließende Grundwasser auffangen sollten. Aus diesen Brunnen wurde das aufgefangene Grundwasser in einen Sammelbrunnen geleitet und vermittelst Dampfpumpe in den Hochbehälter, einen Wasser- und Aussichtsturm auf dem höchsten Punkt der Stadt, befördert, um von demselben aus Stadt und Umgegend mit Wasser zu versorgen.

Es zeigte sich indessen bald, daß das Grundwasser in den nur in geringer Mächtigkeit vorhandenen, mit Letten vermischten Kiesschichten des Eschbachtales, wie überhaupt in allen Tälern des Bergischen Schiefergebirges, vollständig ungenügend war, in längeren Trockenperioden den Wasserbedarf zu decken.

Das Niederschlagsgebiet des Quellen- und Grundwasserreviers hatte eine Größe von 7.5 qkm.

In langen Trockenperioden hatte der Bach, nach den Messungen des Verfassers in ganz ähnlichen Tälern, nur 1 Sekundenliter pro qkm $= \frac{1 \cdot 7.5 \cdot 86\,400}{1000} = 648$ cbm Wasserabfluß pro Tag.

Da das Grundwasser in den mit Letten vermischten, in geringer Mächtigkeit vorhandenen Kiesschichten nur einen geringen Teil des Bachabflusses bildet, so konnten höchstens 200 cbm

Wasser pro Tag dem Tal entnommen werden, wenn man nicht das mit Bakterien reichlich versehene und durch Wiesen und Hofdünger verunreinigte Oberflächenwasser des Baches mitbenutzen wollte.

Man sah sich deshalb genötigt, die Hochwässer des Eschbaches, die für die unterhalb liegenden Betriebswerke keine Benutzung finden konnten, in einer Talsperre aufzuspeichern, um sie nach Klärung des Wassers in dem tiefen, ruhigen Wasservorrat des Talbeckens zur Ergänzung des fehlenden Wassers der Wasserleitung nach Bedarf benutzen zu können.

Daß das Wasser in großen seeartigen Becken einen Reinigungsprozeß durchmacht, ist durch viele Beobachtungen an Seen und Talsperrenbecken festgestellt.

Der Verfasser des Handbuches der Seenkunde, Forel, sagt davon, daß das Wasser der Zuflüsse von Seen Tausende von Bakterien im Kubikcentimeter enthalte, während das offene Seewasser nur wenige Mikroben aufweise.

Er führt diese Verminderung der Keimzahl auf den Nahrungsmangel im reinen Seewasser zurück.

Professor Dr. Kruse in Bonn hat in seiner Abhandlung „Hygienische Beurteilung des Talsperrenwassers" mitgeteilt, daß nach 69 Untersuchungen des Wassers in der Remscheider Talsperre das von der Sohle abfließende Wasser nur 35 Keime im Kubikcentimeter, dagegen das zufließende Tausende enthält. Dadurch, daß das in ein Talsperrenbecken einfließende, mit einer großen Menge Bakterien behaftete Bachwasser sich monatelang darin aufhalten muß, macht es durch den Ruhezustand der tiefern Lagen des Wassers und die gleichmäßige geringe Temperatur einen solchen Reinigungsprozeß durch, daß die Bakterien fast vollständig verschwinden.

Nach Einigung mit den Besitzern der Triebwerke im Eschbachtale, denen bei Wassermangel bis zu 8000 cbm Betriebswasser aus dem Vorrat der Talsperre täglich abgelassen werden mußte, ging man dazu über, an einer geeigneten engen Stelle des Tales, in der der Felsuntergrund ein guter war, eine Talsperre von 1 Million Kubikmeter Inhalt, bei einem Niederschlagsgebiet von 4.5 qkm, nach den Plänen des Herrn Geh. Regierungsrat Professor Intze in Aachen zu erbauen.

Die Sperrmauer, welche nach einem Kreisbogen von 125 m Radius nach der Wasserseite hin gekrümmt ist, hat eine obere

Länge von 160 m, eine Höhe vom dichten Fels aus von 25 m, von der Talsohle aus von 18 m, die größte Stärke beträgt unten 15 m, oben auf der Mauerkrone 4 m. Sie hat wie alle derartigen Mauern ein solches Querprofil erhalten, daß keine Zugwirkungen in der Mauer vorkommen und die Kraftwirkungen bei vollem und leerem Becken im innern Drittel der Mauerdicke verbleiben.

Eine Ueberfallkaskade wurde an einer Seite des Berges für das überfließende Wasser angelegt, und zur Entleerung wie zur Benutzung des Wassers wurden Rohrleitungen durch die Mauer angebracht.

Da der Talsperrenwasserspiegel 32 m höher lag als die Pumpstation der Wasserleitung, so wurde das ausfließende Wasser, welches den Betriebswerken im Eschbachtale gegeben werden mußte, wie auch das für die Stadt Remscheid nötige Wasser zum Betriebe von Turbinen benutzt, durch welche das Wasser nach der Stadt gepumpt wurde.

Das Wasser für die Betriebswerke wurde durch Gelenkrohre mit Schwimmer immer von der Oberfläche des Wasserbeckens entnommen, während für das Trinkwasser nur das kühlere und reinere Wasser aus den tiefsten Stellen des Beckens gebraucht werden sollte.

Das Wasser aus den früheren Grundwasserbrunnen wurde mit dem Talsperrenwasser zugleich in den Sammelbrunnen der Pumpstation geleitet und zusammen gebraucht, in den ersten 10 Jahren ohne besondere Filtereinrichtungen, bis nach Auftreten einer Typhusepidemie man sich entschloß, für das Wasser des Seitenbaches, welcher unterhalb der Talsperre in den Eschbach mündete, eine Berieselungsanlage und für das gesamte Wasserleitungswasser eine Sandfilteranlage zu schaffen.

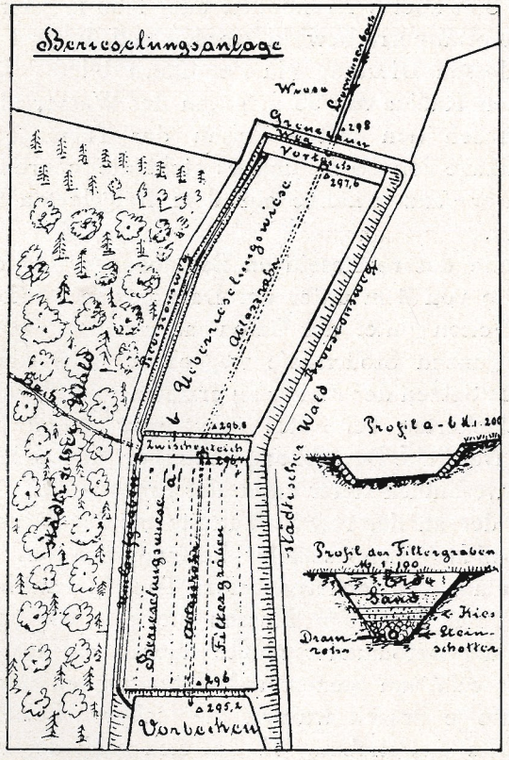
Genau wie mit Remscheid erging es der Stadt Lennep, welche ebenfalls im Jahre 1883 zuerst eine Quellen- und Grundwasseranlage machte und nach den Erfahrungen einiger längeren Trockenperioden im Jahre 1893 zur Anlage einer Talsperre im Panzerbachtale übergehen mußte. Dieselbe hat den kleineren Verhältnissen von Lennep entsprechend nur 1.5 qkm Niederschlagsgebiet und einen Inhalt von 117000 cbm Wasser bei einem Aufstau von 8 m.

Die sichtbare Mauerlänge ist 100 m, über der Felssohle 12 m hoch, unten 7.50, oben 1.60 m stark. Die Mauer ist nach demselben Profil erbaut wie alle bergischen Talsperren, und es ist bei der Bemessung der Mauerstärke keine Rücksicht auf die Gewölbewirkung der nach einem Radius von 125 m gegen die Felsen der Berghänge gespannten und gekrümmten Mauer genommen worden.

Man hat im Jahre 1905 die bestehende Talsperrenmauer um 3,25 m erhöht, wodurch der Wasserspiegel um 3 m gehoben und der Wasserinhalt des Beckens von 120000 auf 272000 cbm gestiegen ist (siehe Tafel 33 und 34). Außerdem ist in Verbindung mit den vorhandenen Stollen ein Vorbecken von 32000 cbm Wasserinhalt geschaffen worden, damit man in der Lage ist, das Haupttalsperrenbecken in jedem Herbst behufs Untersuchung der Anlagen und Reinigung des vorhandenen Bodenfilters entleeren zu können. Während der Ausschaltung und Entleerung des Hauptbeckens würde der Wasserverbrauch aus dem Stollen, welcher unter dem Boden des Vorbeckens liegt und mit ihm durch ein Bodenfilter verbunden ist, entnommen werden. Der Boden des Stollens liegt 8 m tiefer als die Wasseroberfläche des Vorbeckens, so daß man mit Sicherheit auf eine Entnahme von nur einwandfreiem Wassser schließen kann. Man wird eine Zeit zur Entleerung des Hauptbeckens wählen, in welcher der Wasserzufluß groß genug ist, den Wasserkonsum decken zu können, sodaß der Wasserspiegel des Vorbeckens auf seiner Höhe bestehen bleibt und man in der Lage ist, den etwa noch größeren Zufluß durch das Ablaßrohr des Vorbeckens, welches unter dem Boden des Hauptbeckens bis zum Abflußrohr desselben gelegt ist, abzuleiten.

Vor dem Einfluß des Wassers aus dem Leverkuserbach in das Vorbecken ist eine Berieselungsanlage ausgeführt, welche so bemessen ist, daß fast der doppelte heutige Wasserbrauch durch Berieselung einer horizontalen Wiese mit darunter liegenden Filtergräben gereinigt werden kann. Vor dieser Berieselungsanlage mit Filtergräben wird das zufließende Wasser, nachdem es in einem kleinen Vorbecken aufgefangen ist, über eine genau horizontale Kante auf eine Wiese geleitet mit dichtem Graswuchs und geringem Gefälle. Das Wasser verbreitet sich über die ganze Fläche der Wiese und läuft langsam zwischen den Gräsern hindurch in ein unterhalb liegendes Zwischenbecken. Durch die Berührung mit dem Graswuchs werden alle Unreinlichkeiten, die das Wasser etwa mitbringen könnte, fast voll-

ständig beseitigt. Von dem Zwischenbecken aus tritt das Wasser alsdann wieder über eine genau horizontale Kante auf eine zweite Wiese, die nur ein sehr geringes Gefälle hat, damit das Wasser sich länger in dem Graswuchs aufhalten und in die unter der Wiese liegenden Filtergräben versinken kann. Die Filtergräben liegen der Länge nach in 4 m Entfernung und 1,50 m Tiefe unter der Wiese. Sie haben in der Sohle ein Drainierungsrohr zum Auffangen und Ableiten des Wassers, darüber liegt ein Meter hoch Steinschlag, Kies und Filtersand, darüber 30 cm Erde. Diese Filtergräben nehmen das auf der Wiese sich befindende Wasser auf und liefern es filtriert in das große Vorbecken. In untenstehender Zeichnung ist die Berieselungsanlage in Grundriß, Längenschnitt und Querschnitt durch die Filtergräben dargestellt.



Aus der Berieselungsanlage tritt das Wasser in das große Vorbecken von 32000 cbm Wasserinhalt und 13500 qm Oberfläche. Unter ihm liegt der aus früherer Zeit vorhandene Stollen in Länge von 180 m, 1 m breit und 2 m hoch. Der

Stollen liegt noch 5 m tiefer als der Boden des Vorbeckens und ist ganz in den Felsen des Untergrundes eingebrochen worden, aus ihm ist das Wasserleitungsrohr unter dem Boden der Haupttalsperre hergelegt worden bis zum Anschluß an die Hauptwasserleitungsrohre des Hauptbeckens. Ueber dem Stollen ist in der Mitte des Vorbeckenbodens ein Bodenfilter angelegt worden von 20 m Länge und 6 m Breite, mit Kies und Filtersand gefüllt, welcher das Vorbeckenwasser filtriert in den Stollen liefern soll. Dieser Filter ist indessen unnötig, da durch den porösen Boden des Vorbeckens, infolge der 180 m langen Aufnahmefläche des Stollens eine genügende Wassermenge darin eindringt, welche eine sehr wirksame natürliche Filtration in den Beckenboden und Felsklüften durchgemacht hat.

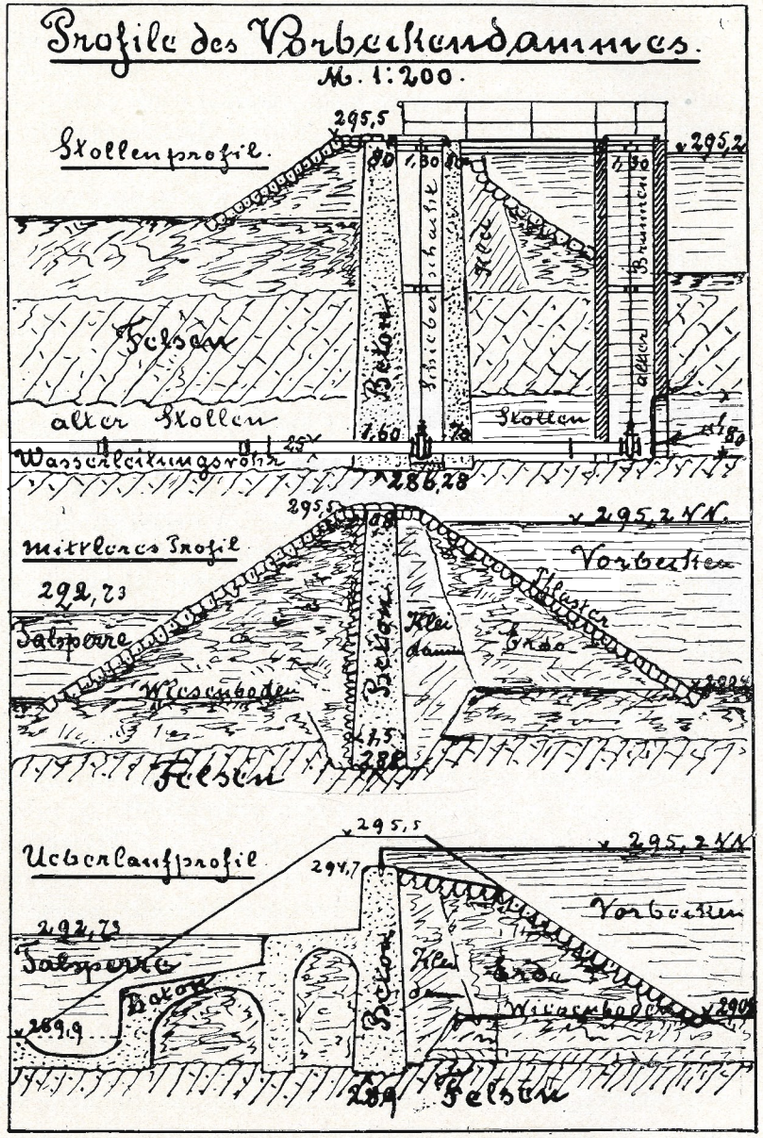
Der Vorbeckendamm, durch welchen der Aufstau des Wassers um 5 m über Wiesenboden oder 2,50 m über der Stauhöhe der Haupttalsperre bewirkt werden soll, besteht aus einem Erddamm, dessen Dichtung ein Betonkern bildet. Der Damm ist nach einem Radius von 55 m gegen das Wasser hin gewölbt, er hat zwischen den festen Felsen der Talhänge gemessen eine Sehnenlänge von 88 m, und es steht die innere Betonkernmauer in ihrer ganzen Länge auf dem freigelegten Felsen des Untergrundes.

Am Fuße des rechtsseitigen Bergabhanges lag der Stollen in einer Tiefe von 8 m unter der Dammkrone. Infolge dessen mußte der Felsen unter der Betonmauer neben diesem Stollen bis zu der ganzen Stollentiefe weggebrochen werden, um ein gleichmäßiges Setzen der Mauer zu erzielen und die vom Stollenbau her gelockerten Teile des sonst sehr festen Felsens zu beseitigen. Der linke Bergabhang ist flacher, und es lag der Felsuntergrund wesentlich tiefer unter der Erdoberfläche. Der Felsuntergrund, der an der rechten Talseite bis zur Mitte des Tales aus festem blauen Lenneschiefer bestand, ging an der linken Talseite in einen viel lockeren gelben Tonschiefer über, in dessen Klüften sich kiesartige Massen angesammelt hatten. Das Fundament der Betonmauer mußte überall auf festen dichten Fels gelagert sein, um Setzen und Unterwaschen der Mauer zu verhüten, infolge dessen wurden die lockeren Felsen beseitigt und die Klüfte ausgehoben. Es hat sich nach der Füllung des Vorbeckens mit Wasser gezeigt, daß der Felsuntergrund nicht vollständig dicht ist, indem an dem linken Talabhang unterhalb des Dammes sich Sickerungen zeigten, die aus den Poren des gelben Tonschiefers hervorkamen.

Ein absolut dichter Talabschluß ist ja niemals möglich bei geschichtetem Felsuntergrund, da, wie wir ja bei jedem Brunnenbau wissen und voraussetzen, die Lagerfugen der Felsschichten Wasser durchlassen. Bei einem Talsperrenbau dürfen diese Sickerungen indessen ein gewisses Maß nicht überschreiten, damit der Aufstau des Wassers nicht vereitelt wird. Die Sickerungen dürfen deshalb nicht soviel Wasser durchlassen wie der geringste Zufluß beträgt.

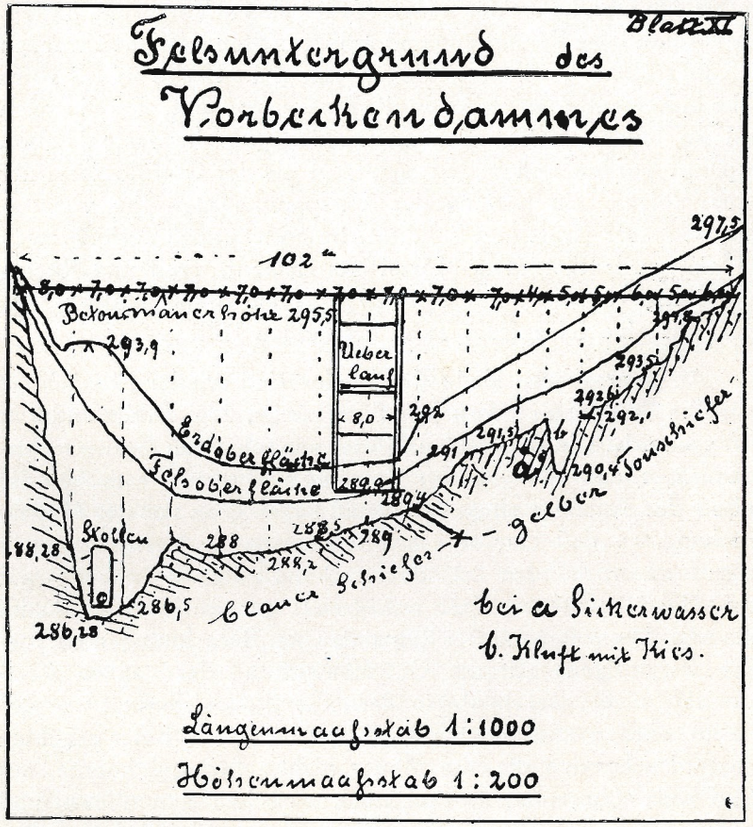
Bei dem Bau des Vorbeckendammes wurde die Erde und der lockere Felsen unter der 1,60 m starken Betonmauer ausgehoben, die Mauer an beiden Seiten mit Bordschalung versehen und zwischen ihr der Zementbeton eingestampft. Der Beton bestand aus einer Mischung von 1000 Liter Klopfsteinen, 400 Liter Sand, 100 Liter Zement und 100 Liter Traß, er wurde durch eine Betonmaschine in Portionen von 400 Liter zubereitet, vermittelst eines Wagens auf Schienen auf das Gerüst gefahren, durch einen großen Trichter zwischen die Bordschalung befördert und hier fest gestampft. Nach Fertigstellung der Betonmauer wurde diese nach der Wasserseite hin mit einem 3 cm starken Zementverputz versehen und mit Siederosten angestrichen. Außerdem wurde ein 2 m breiter Kleidamm dagegen gestampft, alsdann der Erddamm angeschüttet und mit Bruchsteinen abgepflastert. Durch die Betonmauer wurde der alte Felsenstollen wasserdicht abgemauert und für die Wasserleitung ein 250 mm im Lichten weites Gußrohr eingebaut. Dieses Wasserleitungsrohr hat 2 Schieber, von denen der eine durch einen vorhandenen Brunnen bedient wird, während der zweite Schieber, von oben zugänglich, in einem wasserdichten Schieberschacht liegt. In der Miete des Dammes auf der Wiesensohle liegt ein 400 mm weites gußeisernes Abflußrohr mit einem Abschlußschieber, der ebenfalls in einem wasserdichten Schieberschacht liegt und von oben durch eine Eisenleiter zugänglich ist. Dieses Auslaßrohr des Vorbeckens ist vermittelst eines Zementrohrs, unter der Sohle des Hauptbeckens hindurch, nach dem Abflußrohr der Haupttalsperre verlängert worden, damit das Wasser des Vorbeckens abgelassen werden kann ohne das Hauptbecken zu berühren. Das Wasserleitungsrohr ist ebenfalls von dem Stollen und Schieberschacht aus, unter dem Boden des Hauptbeckens hindurch, nach dem Schieberschacht der Haupttalsperre geleitet und hier an die Wasserleitungsrohre angeschlossen worden, so daß das Wasser aus dem Vorbecken benutzt werden kann, ohne Vermischung mit dem Wasser des Hauptbeckens.

In der Mitte des Vorbeckendammes ist eine 8 m breite Ueberlaufkaskade ganz in Zementbeton erbaut worden.



Für die Erhöhung der bestehenden Talsperre um 3,25 m während des Betriebs des Wasserwerks mußten besondere Einrichtungen und Anlagen geschaffen werden, die es ermöglichten, das Wasser möglichst vor der Berührung mit dem Bau zu be-

wahren. Der Wasserspiegel der alten Talsperre wurde um 1 m gesenkt, damit bei der Freilegung der alten Mauer von dem Erddamm an der Talseite und dem Einhauen der Verzahnungen für das Pfeilermauerwerk der Wasserdruck etwas geringer wurde. Das Wasserbecken wurde durch Einzäunung mit Drahtgeflecht geschützt und alle Einrichtungen zum Aufbau der Mauer so angelegt, daß das Wasser nicht berührt und entwertet werden konnte.



Bei der Erhöhung der bestehenden Talsperrenmauer ist eine sogenannte aufgelöste Konstruktion in Pfeiler und Bogen angewendet worden. Die alte Mauer hatte bisher eine sichtbare Länge von 100 m, außerdem noch in 27 m Länge den unterirdischen Anschluß an die dichten Felsen der beiden Talhänge.

Die größte Stärke der alten Mauer auf dem tiefsten Felsuntergrund war 7,50 m, die Höhe 11,50 m und die obere Stärke noch 1,60 m. Bei der Erhöhung um 3,25 m mußte sie auch entsprechend verlängert werden, um immer wieder einen festen

und dichten Anschluß an den Felsen zu finden. Die gesamte Länge der erhöhten Mauer zwischen den beiderseitigen Felsanschlüssen beträgt 190 m, der von außen sichtbare Teil 164 m. Vor den sichtbaren Teil der Mauer wurden 12 Verstärkungspfeiler errichtet, von je 3 m Breite und an der tiefsten Mauersohle 8 m Vorsprung. Die Pfeiler erhielten eine solche Abböschung, daß sie in Höhe der alten Mauerkrone noch 3,25 m und an der Oberkante der neuen Mauer 2,25 m Vorsprung hatten. Zur vollständigen Versteifung und größeren Standfestigkeit wurden in halber Höhe horizontale Bogen von 5 m Breite und 2,10 m Höhe in Zementbeton zwischen die Pfeiler gespannt. Diese Bogen sind an beiden Seiten der Talhänge gegen die festen Felsen gespannt worden und bilden somit, da sie der Gewölbeform der Mauer folgen, ein horizontales Verspannungsgewölbe von unberechenbarer Kraft und Solidität, besonders noch deshalb, weil der außerordentlich feste Mörtel aus Zement, Traß und Rheinsand innig vermischt mit reingewaschenen Steinschottern, das ganze als eine felsenfeste Tafel erscheinen läßt.

An dem oberen Ende der Pfeiler sind wieder 10 mächtige Gewölbe eingespannt, von je 9,5 m Länge, 2 m Breite und 3 m Höhe, ebenfalls in dem festen Mörtel aus schweren Grauwackenquadern erbaut. Die oberen Gewölbe sind wieder zwischen die Felsen der Talhänge eingespannt und liegen ganz vor der Mauererhöhung, so daß hier eine zweite horizontale Verspannung in Bogenform vorhanden ist, deren Standfestigkeit inbezug auf ihre Gewölbewirkung fast unbegrenzt genannt werden kann. Wie aus den später mitgeteilten statischen Berechnungen hervorgeht, ist übrigens auf die Gewölbewirkung der ganzen Konstruktion nicht gerechnet, sondern die Standsicherheit nachgewiesen worden auch ohne dieselbe. Um den Teil des erhöhten Wasserdrucks, den die alte Mauer nicht aufnehmen konnte, auf die Pfeiler überzuleiten, sind noch zwischen den oberen und unteren horizontalen Verspannungsgewölben senkrechte Gewölbe aus Zementbeton von je 9,5 m Länge zwischen den Pfeilern und 2 resp. 0,5 m Dicke errichtet worden.

Wenn die alte Mauer durch ihre kolossale Härte und Festigkeit auch als vor den Pfeilern ruhender Balken anzusehen war, der den Wasserdruck auf die Pfeiler überleiten konnte, so ist doch, um keine Zugkräfte in der alten Mauer hervorzurufen, vorgezogen worden, obige senkrechte Gewölbe einzuspannen. Die ganze Konstruktion besteht demnach aus einem System von

Pfeilern und Bogen, welche vor der alten Mauer und ihrer Erhöhung außerordentlich solide und in der äußeren Erscheinung durch die Schattenwirkung der tiefen Gewölbenischen schön wirkend aufgebaut sind.

Sämtliche Pfeiler, die Mauerverlängerung, die Verspannungs-Gewölbe, überhaupt alle Bauteile sind auf festem Felsuntergrund fundert. Der lockere Fels wurde erst entfernt, dann die Lagerungsrisse der Felsen und etwaige Klüfte gereinigt, mit Druckwasser ausgespritzt und mit reinem Zementmörtel ausgegossen. Da die Mauerschichtungen in den Pfeilern senkrecht auf der Drucklinie und möglichst senkrecht auf die äußere schräge Pfeilerfläche aufgebaut werden mußten, so wurden unter den Pfeilern zackenförmige Untersätze in Zementbeton angelegt, die sich einerseits fest in die Unebenheiten der Felsoberfläche einsetzten, andererseits durch ihre Oberflächenform den Mauerschichten die richtige schräge Lage ermöglichten. Der Felsen des linken Bergabhangs ging allmählich aus blauem festen Schiefer in etwas weniger festen gelben Tonschiefer über, so daß der linksseitige Anschluß an den Berg mit besonderer Vorsicht angelegt werden mußte, um unliebsame Durchsickerungen möglichst zu verhüten. Es wurde deshalb unter der Mauermitte der Länge nach eine 0,5 m tiefe und breite Furche durch den Felsen gehauen, die Boden- und Seitenflächen derselben mit Zement verputzt, dann die Furche mit Zementbeton ausgestampft, um einen besonders dichten Maueranschluß an den Felsen zu erreichen und Durchsickerungen unter der Mauer her zu verhüten. Die von außen sichtbaren Mauerteile haben eine Verblendung von außerordentlich festen blauen Beyenburger hammerrecht bearbeiteten Grauwackensteinen erhalten, während das innere Mauerwerk in blauem Schiefer, in der Nähe gebrochen, errichtet wurde. Die Betongewölbe wurden von außen mit Zement glatt verputzt. Nach der Wasserseite hin wurde wie auch bei der alten Mauer eine 60 cm starke Verblendungsmauer in Bruchsteinen und Zementmörtel errichtet, die sowohl an der inneren wie auch an der Außenfläche mit einem 3 cm starken Zementverputz versehen ist. Die Außenfläche ist außerdem noch mit einem zweimaligen Siederostenanstrich versehen worden. Unter dieser Verblendungsmauer wurde auch die alte Mauer sauber gereinigt und mit Zement verputzt, zur Erreichung einer dichten Verbindung zwischen dem alten und neuen Mauerwerk. Die Oberfläche der Mauer erhielt einen $1^1/_2$ cm starken Zementverputz, darauf eine Asphaltdecke von $1^1/_2$ cm Stärke und wurde eingefaßt von Gesimssteinen

aus Sandsteinen. Da die Mauer nicht als Verkehrsweg dienen soll, wurde nur nach der Wasserseite hin ein starker Zaun aus gußeisernen Säulen und Eisenstangen angelegt.

An der rechten Bergseite befindet sich zwischen dem ersten und zweiten Pfeiler der 9,5 m breite und 0,75 m hohe Ueberlauf, so daß der Wasserspiegel des Talsperrenbeckens 0,75 m unter der Oberkante der Mauer liegt. Das überlaufende Wasser stürzt über die Vorderfläche der Mauer hinunter in ein Absturzbecken von Zementbeton, fließt alsdann durch eine 2 m breite Kaskade, mit Zementbetonboden in den Grundbach, der vor der Wegeanschüttung seinen Anfang nimmt. An der Kreuzungsstelle dieses Ueberlaufabflusses mit dem Abfluß aus dem Ablaßrohre ist wieder ein Becken aus Zementbeton errichtet, um etwaige Auskolkungen des Bachbettes durch das Zusammentreffen und Umbiegen der Wasserströme zu vermeiden. Der Ueberlauf aus dem Hauptbecken hat solche Dimensionen, daß er die größten Wolkenbrüche unschädlich abführen kann. Er hat eine Querschnittsfläche von $9{,}5 \cdot 0{,}75 = 7{,}125$ qm.

Die Geschwindigkeit des überlaufenden Wassers ist alsdann $0{,}5 \cdot 4{,}43 \sqrt{0{,}75} = 1{,}91$ m und die überfließende Wassermenge $7{,}125 \cdot 1{,}91 = 13{,}6$ cbm pro Sekunde.

Bei dem Niederschlagsgebiet der Talsperre von 1,4 qkm hat die größte bekannte Flut vom 24. November 1890 nur 1,4 cbm Wasser pro Sekunde geliefert. Der Ueberlauf ist also im Stande, eine 9 mal größere Wassermenge durchzulassen.

Am tiefsten Punkte der alten Mauer war von außen her ein stollenartiger Kanal von 1,30 m Breite und 1,80 m Höhe eingebaut, der unter der Erdanschüttung her bis zum Grundbach verlängert war und zur Aufnahme der Ablaß- und Wasserleitungsröhren diente. Nach der Wasserseite hin war der Kanal 3 m lang mit Ziegelsteinen und Zementmörtel fest vermauert worden, nachdem sehr starke schmiedeeiserne geschweißte Rohre eingebaut waren. Diese Röhren hatten nur 150 mm lichte Weite und waren für den größeren Wasserbedarf und zum Ablassen des Beckens ungenügend. Infolge dessen wurde nach dem Ablassen des Wassers das Zementmauerwerk weggebrochen, eine sehr schwierige Arbeit, da jeder Ziegelstein und jede Zementfuge mit Hammer und Meißel zerschmettert werden mußte. Ein Sprengen des Mauerwerks mit Pulver oder Dynamit war ausgeschlossen, da durch die Erschütterung die Dichtigkeit der Mauer leiden konnte.

Für das größere Becken und um es jeder Zeit, selbst bei Hochwasser, ablassen zu können, wurde ein gußeisernes Ablaßrohr von 0,5 m lichter Weite eingebaut mit doppeltem Schieberverschluß. Der innere Schieber liegt in einem an der inneren Mauerseite erbauten, von oben zugänglichen Schieberturm von 2,40 m lichter Weite, der äußere in dem unter der Erdanschüttung liegenden Stollen, von außen erreichbar. Dieses Ablaßrohr liegt 12,78 m unter der Wasseroberfläche bei gefülltem Becken, es kann eine Wassermenge durchlassen von 1,80 cbm pro Sekunde. Da nun die größte bekannte Zuflußmenge am 24. November 1890 nur 1,40 cbm pro Sekunde betrug, so ist der Grundablaß imstande, selbst bei höchster Flut das Wasser abzuführen. In dieses Ablaßrohr ist zwischen den beiden Schiebern noch eine Abzweigung angebracht von 0,40 m lichter Weite, an welcher das unter dem Talsperrenboden herkommende Ablaßrohr des Vorbeckens angeschlossen ist. Wenn also der innere Ablaßschieber geschlossen und der äußere, sowie derjenige am Vorbecken geöffnet ist, so kann man das Wasser des Vorbeckens ablassen unter der gefüllten Talsperre her. Außer dem Ablaßrohr liegt im Schieberturm und Stollen noch das Wasserleitungsrohr von 250 mm lichter Weite, es hat im Schieberturm Abzweigungen nach dem Vorbecken, dem Bodenfilter im Hauptbecken und in das Hauptbecken direkt. Jede dieser Abzweigungen ist mit Schieber versehen, so daß man in der Lage ist, das Wasserleitungswasser aus dem Vorbecken unter dem Boden des Hauptbeckens her, oder aus dem Bodenfilter des Hauptbeckens, oder auch aus dem Hauptbecken direkt zu entnehmen. Sämtliche 4 Schieber haben im Turme Gestänge bis zur Oberfläche der Mauer und in der oberen Turmkammer Winden erhalten, so daß sie von oben bedient werden können. Der Turm ragt mit seiner Spitze noch 6 m über die Oberkante der Mauer hinaus und dient zugleich zur Unterbringung der Meß- und Visierapparate, welche zur fortwährenden Kontrolle der Mauer vorgeschrieben sind.

Zur Kontrolle der Bewegungen der Mauer bei dem wechselnden Wasserdruck und den Temperaturschwankungen sind an beiden Ufern festfundierte Fixpunkte und zwei in einer graden Visierlinie liegende Punkte auf der Mauer angebracht. Auf dem einen Fixpunkte wird ein Fernrohr mit Fadenkreuz, genau centriert und auf dem andern ein ganz feiner senkrechter Spalt in einer Metallplatte angebracht. Auf den Zwischenpfeilern auf der Mauer befinden sich feine, durch Mikrometerschrauben bewegliche Stäb-

chen, die ganz genau in der Visierlinie zwischen Fernrohr und Spalt der Fixpunkte liegen. Wenn sich also die Mauer nach außen oder innen hin bewegt, so gehen diese Stäbchen aus der Visierlinie hinaus, und man kann an der Abweichung der Stäbchen ganz genau die Bewegungsgröße der Mauer ablesen.

Diese Bewegung der Mauer hat nach der Wasserfüllung etwa 3 mm betragen, die Temperaturschwankungen zwischen Frost und Tauwetter betragen etwa 4 mm. Bei der Bogenform der Mauer kann sich diese ausdehnen oder zusammenziehen durch die unwiderstehlichen Temperatureinflüsse, ohne Risse zu bekommen, indem sich der Mauerbogen weiter ausbiegt oder enger zusammen schließt. Eine gerade Mauer würde dagegen ohne Fehl Risse bekommen, da die Temperaturbewegungen unwiderstehlich sind. Eine Probe bei starkem Frost hatte eine Bewegung nach außen hin von 4 mm konstatiert. Nach eingetretenem Tauwetter ging die Mauer wieder 4 mm zurück und zwar dem Wasserdruck entgegen.

Der Zusammenhang der Kräfte im Innern des Bauwerks ist nach Maßgabe der Abb. 1 Bl. 36 durch ein angenähertes Rechnungsverfahren bestimmt worden. Für die Gewichte der verschiedenen Bauteile ist angenommen worden: für Mauerwerk 2,3 t/cbm, für Beton 1,9 t/cbm, der Wasserdruck zu 1 t für 1 qm Fläche und 1 m Höhe. Die alte Mauer mit ihrer Erhöhung besteht aus drei Teilen. Die Drucklinie liegt im inneren Drittel des Mauerkörpers, weshalb keine Zugspannungen vorkommen.

Der Kantendruck auf die Vorder- und Hinterkante der alten Mauer berechnet sich danach zu 3,07 kg/qcm bezw. zu 0,15 kg/qcm.

Dieser Kantendruck ist sehr gering und erreicht bei weitem nicht die zulässige Größe.

Die Drucklinie befindet sich auch in den Strebepfeilern im inneren Drittel, so daß also auch hier keine Zugspannungen entstehen können.

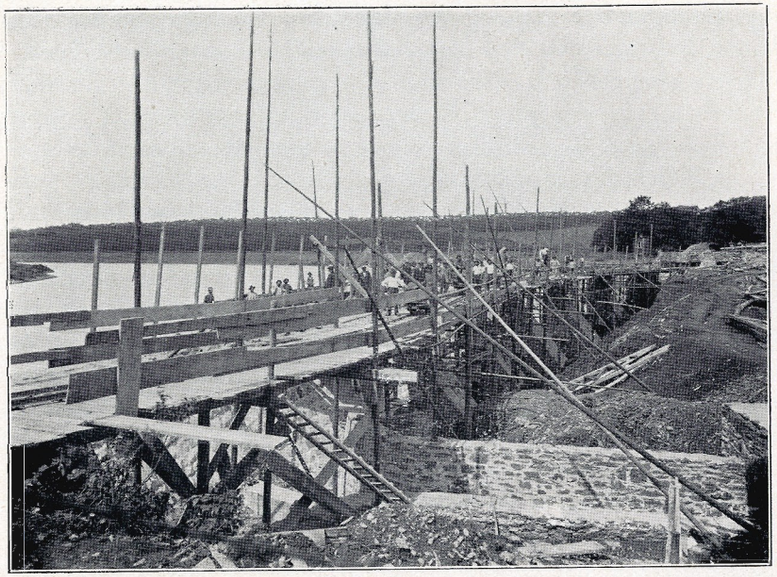
Die Kantendrücke in den Pfeilern sind ermittelt zu 3,86 kg/qcm an der Vorderkante und zu 2,01 kg/qcm an der Hinterkante.

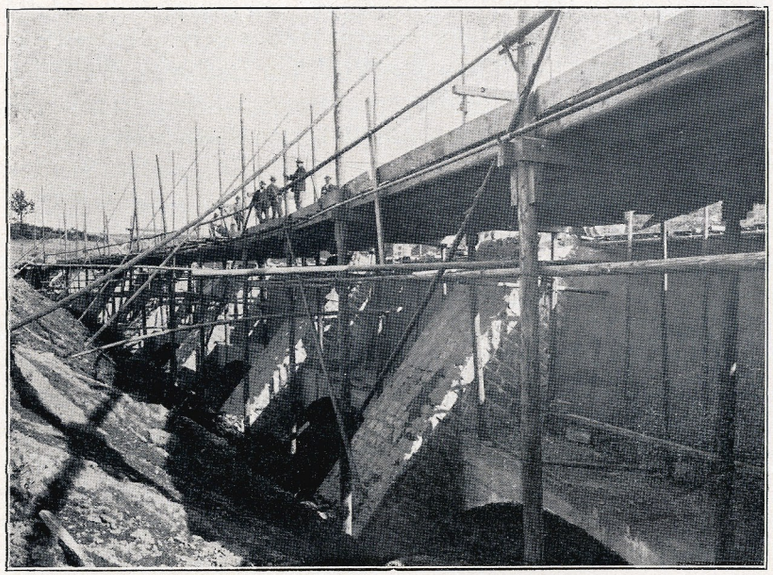
Aus diesen Rechnungsergebnissen geht hervor, daß ohne Gewölbewirkung eine vollständige Standsicherheit der ganzen Konstruktion gewährleistet ist, dabei ist der Wasserdruck bis zur Oberkante der Mauer angenommen worden, ein Fall, der wohl niemals vorkommen wird.

Zur Ausführung der Bauarbeiten der Talsperrenerhöhung waren Einrichtungen getroffen worden, die einen bequemen und

sichern Transport aller Materialien, sowohl von der Landstraße aus durch eine Transportbahn von 2 km Länge, wie auch von dem Steinbruch und den Materiallagerplätzen aus, durch Gleisanlagen ermöglichten. Nachdem die Erdausschachtung für den Pfeilerbau vor der alten Mauer im Winter 1904/1905 soweit gediehen war, daß überall der feste Felsuntergrund erreicht war, wurde gleich ein mächtiges Gerüst, für die ganze Mauer ausreichend, auf die ganze Höhe aus sehr soliden, später bei Bauten verwendbaren Balken, erbaut. Infolge dessen konnte der ganze Materialtransport und die Transportbahn aus dem Steinbruch in Doppelgleisen über dieses Gerüst gelegt werden, wodurch ein bequemer Hin- und Hertransport ohne besondere Anstrengung auf der ganzen Baustelle ermöglicht wurde. Von diesem Gerüst aus wurde zwischen je zwei Pfeilern ein Bremskabel aufgestellt, das die Steine aus der Höhe des Gerüstes auf die Verwendungsstellen in der Tiefe hinabbeförderte und zwar ohne jede Anstrengung, indem der heruntergehende volle Kasten den leeren Kasten selbsttätig hinaufzog. Der Mörtel wurde durch eine Mörtel- und Betonmaschine in sehr vollkommener Weise zubereitet und zwar derart, daß die Maschine jedesmal eine Portion Mörtel von 400 Liter, die die vorgeschriebene Zusammensetzung hatte, zubereitete und nach sehr guter Mischung in einen Wagen fallen ließ, dessen Spurweite mit derjenigen der Gerüstgleisen übereinstimmte. Die Mörtelmischung für den ganzen Bau, sowohl für das Mauerwerk wie für den Verputz oder Beton, bestand aus 1 Teil Weißkalk, 1 Teil Zement, $1^1/_2$ Teilen Traß und $4^3/_4$ Teilen Rheinsand. Der Mörtelwagen wurde auf das Gerüst gefahren und der Inhalt in Trichter geschüttet, die unten auf die Verwendungsstellen mündeten.

Durch diese Beförderungsart, alles über Gleise auf der vollen Höhe der Mauer, konnten viele Transportkosten erspart und eine sehr rationelle Bauausführung nach allen Richtungen hin erreicht werden. Zum Abspritzen der Bruchsteine und Schottersteine im Steinbruch, zum Reinigen und Naßhalten der Mauerteile, Ausspritzen der Felsen des Untergrundes, zur Kesselspeisung und zum Kalklöschen war Druckwasser nötig. Infolge dessen wurden Wasserleitungsrohre von 1200 m Länge über die ganze Baustelle bis über den Steinbruch hinaus zu einem Hochbehälter gelegt, der 20 m über der Baustelle lag, und eine besondere Dampfpumpe angelegt, die fortwährend das nötige Spritzwasser bis zum Hochbehälter beförderte. Eine 15 PS Lokomobile war die ganze Zeit in Betrieb zum Anfertigen des Mörtels, zum Wasserpumpen,





beim Betonmachen und zum Heraufziehen der Steinwagen zum Plateau der Mörtelmaschine.

Die Bauarbeiten waren am 1. November 1905 vollendet, und es konnte die Füllung des Hauptbeckens beginnen. Die reichlichen Niederschläge der Monate November, Dezember und anfangs Januar 1906 verursachten die Füllung des Beckens bis zum 10. Januar 1906. Der Wasserzulauf zu der Talsperre hatte demnach in den 10 Wochen der Füllung betragen für die Aufspeicherung . . 272 000 cbm
Für den Wasserverbrauch der Wasserleitung
10 Wochen à 6000 cbm . . . . . 60 000 cbm
Für abgelassene Wassermengen in den ersten
Füllungstagen rot. . . . . 8 000 cbm
in Summa 340 000 cbm.

Vorbecken der Lenneper Talsperre.

Lenneper Talsperre.

Außer den beschriebenen Talsperrenanlagen von Remscheid und Lennep sind im Wuppergebiet noch Talsperren für Wasserleitungen angelegt worden, für Ronsdorf im Sahlbachtal mit 0,75 qkm Niederschlagsgebiet und 300000 cbm Beckeninhalt, für Barmen im Herbringhausertal mit 5,4 qkm Niederschlagsgebiet und 2600000 cbm Inhalt und für Solingen im Sengbachtal mit 9 qkm Niederschlagsgebiet und 3150000 cbm Inhalt.

Durch den sich wegen der Bevölkerungszunahme steigenden Wasserverbrauch, bekanntlich wächst dieser stärker als die Volkszahl, sodann durch die Erfahrungen die man in der außergewöhnlich langen und intensiven Trockenperiode des Jahres 1904 gemacht hatte, sah sich die Stadt Remscheid genötigt, eine weitere Talsperre im oberen Wuppergebiet zu erbauen.

Es wurde das Neyetal bei Wipperfürth gewählt, dessen waldreiches, wenig bevölkertes Niederschlagsgebiet von 11,6 qkm Oberfläche den Bedarf an sehr gutem Wasserleitungswasser auf lange Zeit hinaus decken konnte. An einer sehr günstigen Talenge wurde eine Sperrmauer von 24 m Stauhöhe errichtet, durch welche ein Talbecken von 6 Millionen cbm einschließlich eines Vorbeckens von 125000 cbm Inhalt, geschaffen wurde, dessen Wasserspiegel von 303,2 m N. N, 60,8 Meter höher lag, als derjenige der vorhandenen Talsperre im Eschbachtale.

Das Wasser aus diesem Talbecken wurde durch eine Rohrleitung von 700 mm lichter Weite und 12000 m Länge, von der 6800 m in Stollen lag, der dazwischenliegende Berge durchquerte, nach der Pumpenanlage im Eschbachtale geleitet.

Mit der Wuppertalsperren-Genossenschaft wurde ein Vertrag abgeschlossen, daß von dem im Mittel 10 Millionen cbm betragenden Zufluß zur Talsperre in den ersten 10 Jahren 3,150000 cbm, später jedoch nur 2,150000 cbm Wasser in den Trockenperioden des Sommers in die Wupper abgelassen werden, um den unterhalb liegenden Triebwerken den Wasserverlust durch die Talabsperrung zum größten Teil zu decken. Für das aus der Talsperre entnommene Wasserleitungswasser mußte 0,4 Pfg. an die Genossenschaft bezahlt werden, damit diese imstande war, den noch verbleibenden Wasserverlust der Triebwerke durch eine neue Talsperre im oberen Wuppergebiet zu decken, die unbenutzbares Hochwasser aufspeichern und es für die Triebwerke zum Ersatz des verlorenen Wassers in den Trockenperioden abgeben konnte.

Da das ganze zur Verfügung stehende Wasser aus der Neyetalsperre vorläufig noch nicht zu Wasserleitungszwecken

verbraucht werden konnte, so wurde die Einrichtung getroffen, daß das Wasserleitungswasser allein aus der Eschbachtalsperre entnommen und, damit diese immer die für die Selbstreinigung des Wassers nötige Wassertiefe behalten konnte, das fehlende Wasser bei sinkendem Wasserstand aus der Neyetalsperre vermittels eines mächtigen Springbrunnens, der inmitten der Wasserfläche lag, zugeleitet. Durch den Springbrunnen wurde dem Wasser der in den tiefen Talbecken verringerte Sauerstoffgehalt durch die Berührung der Wassertropfen mit der Luft wieder zugeführt.

Alles übrige Wasser wurde durch die Turbinen der Pumpenanlage zum Heben des Wasserleitungswassers nach Remscheid benutzt.

In ganz ähnlicher Weise hat die Stadt Barmen, weil die Pumpenanlage im Ruhrtal bei Volmarstein nicht mehr genügendes einwandfreies Wasserleitungswasser liefern konnte, den bei Ohl im oberen Wuppergebiet belegenen größten Wupperzufluß, die Kerspe, durch eine Talsperre von 15 Millionen cbm Inhalt bei 26 m Stauhöhe abgesperrt, um jährlich bis zu 16 Millionen cbm Wasserleitungswasser durch eine Rohrleitung von 30 Kilometer Länge der Filteranlage unterhalb der Herbringhausertalsperre zuzuleiten.

Mit der Wuppertalsperren-Genossenschaft wurde ein ähnlicher Vertrag wie derjenige mit Remscheid abgeschlossen, es mußten 5500000 cbm Wasser in den Trockenperioden des Sommers an die Wupper abgegeben und für das Wasserleitungswasser ebenfalls 0,4 Pfg. an die Genossenschaft bezahlt werden, damit diese für das den Triebwerken entzogene Wasser eine Ersatztalsperre errichten konnte.

Die Einrichtungen dieser Anlagen sind den oben beschriebenen Talsperren von Remscheid und Lennep ganz ähnlich, jedoch hat nur die Solinger Anlage ein Turbinenpumpwerk für das Leitungswasser zur Stadt.

Die Pumpenanlage für Solingen liegt im Wuppertale unterhalb Burg, es werden gleichzeitig die Wasserkräfte der Wupper zum Pumpen benutzt, und es ist beabsichtigt, die überschüssigen Kräfte zur Erzeugung von Elektrizität zu verwenden, zur Beleuchtung und Kraftübertragung nach Solingen.

Das Wuppergefälle beträgt dort 5 m, und es sind 2 Turbinen für je 6000 Sekundenliter Wasserverbrauch und 1 Peltonrad für das Talsperrenwasser von 600 Sekundenliter in 45 m Gefälle angelegt.

Es ist angenommen worden, daß eine Turbine mit Hilfe der Wupperregulierung durch die Wuppertalsperren fortwährend genügendes Betriebswasser hat, während die zweite Turbine nur bei Hochwasser arbeitet und in Niedrigwasserzeiten durch das Peltonrad mit Talsperrenwasser ersetzt wird.

Das Bachwasser wird zuerst in ein Vorbecken geleitet und von hier aus, nachdem es sich geklärt hat, durch eine Rohrleitung dem Sammelbrunnen an der Pumpenanlage zugeführt. Der Ueberschuß des Wassers fließt dann in das Hauptbecken und wird hier aufgespeichert, um für Kraftzwecke zum Pumpen zu dienen und eventuell das fehlende Leitungswasser zu liefern. Letzteres wird, bevor es den Sammelbrunnen erreicht, noch durch eine Berieselungsanlage in den Wiesen unterhalb der Talsperre zur Reinigung geleitet.

Diese sieben Talsperren für Wasserleitungszwecke haben in Summe 60,25 qkm Niederschlagsgebiet und wirken durch die gleichmäßige Wasserabgabe des aufgespeicherten Hochwassers regulierend auf den Wasserabfluß der Wupper, wie auch günstig zur Verhütung der Hochwassergefahren.

8. Der Hochwasserschutz durch die Talsperrenanlagen.

Der Hochwasserschaden, den die Städte Elberfeld und Barmen durch die Ueberschwemmung vom 24. November 1890 erlitten haben — es wurden für viele Millionen Mark Werte zerstört — hat die Wuppertalsperren-Genossenschaft veranlaßt, zu untersuchen, ob die bisherigen, die im Bau begriffenen und projektierten Talsperren imstande sind, unter denselben Abflußverhältnissen wie damals eine Ueberschwemmung der Städte zu verhindern. Die Wirkung der bisherigen Talsperren auf die Hochflutwelle der Wupper konnte durch die Flut vom 4. Februar 1909 festgestellt werden, die 800 Sekundenliter Wasserabfluß hatte, gegen 1000 Sekundenliter pro ein Quadratkilometer Niederschlagsgebiet im Jahre 1890. Der Wasserabfluß in Elberfeld hatte bei 347 qkm Niederschlagsgebiet, von dem 50 qkm durch 5 Talsperren abgesperrt waren, eine Höhe von 236 cbm pro Sekunde erreicht. Es zeigte sich, daß das Wupperbett bis zum oberen Rande gefüllt war und die Eisenkonstruktionen der Brücken nur höchstens 10 cm die Wasseroberfläche überragten. Ein Wasserabfluß wie 1890 würde also, trotz den Talsperren, die bei einem Niederschlagsgebiet von 50 qkm dann 50 Sekundenkubikmeter

aufgenommen hätten, eine Ueberschwemmung veranlaßt haben, es würden dann 347 — 50 = 297 Sekundenkubikmeter abgeflossen sein, 61 cbm mehr als 1909, wodurch eine erhebliche Ueberflutung der Städte stattgefunden hätte.

Seit 1909 sind die Kerspe- und Bruchertalsperre erbaut oder im Bau begriffen, mit einer weiteren Talabsperrung von 33 qkm. Diese können von der Flutwelle von 1890 weitere 33 Sekundenkubikmeter zurückhalten, es bleiben aber noch 61 — 33 = 28 Sekundenkubikmeter schadenbringendes Flutwasser übrig.

Da eine weitere Absperrung von Tälern im oberen Wuppergebiet von über 28 qkm nicht zu erreichen und rentabel zu machen war, wurde an dem projektierten Ausgleichweiher in Hammerstein ein Hochwasserschutzraum vorgesehen von 1,600000 cbm Inhalt, der bei dem nicht abgesperrten Niederschlagsgebiet von 98 qkm imstande war, jede gefährliche Flutspitze zurückzuhalten.

Durch die genauen Beobachtungen des Verlaufs der Hochflut von 1890 an dem Wehr zu Dahlhausen kann die Wirkung eines Hochwasserschutzbeckens auf eine solche Flut bestimmt werden. Aus nachstehender graphischer Darstellung der Hochflut vom 24. November 1890 sind die Wirkungen der Flut auf den Wasserabfluß in Elberfeld und Hammerstein vorerst bei leeren Talsperrenbecken zu berechnen. Das nicht abgesperrte Niederschlagsgebiet von Elberfeld beträgt 347 — 83 = 264 qkm; dasjenige von Hammerstein 98 qkm.

Das Niederschlagsgebiet zwischen Hammerstein und Elberfeld hat eine Flächengröße von 173 qkm, davon sind abgesperrt durch Lenneper- und Barmertalsperre 7 qkm, es bleiben demnach 166 qkm, die 166 cbm Flutwasser liefern.

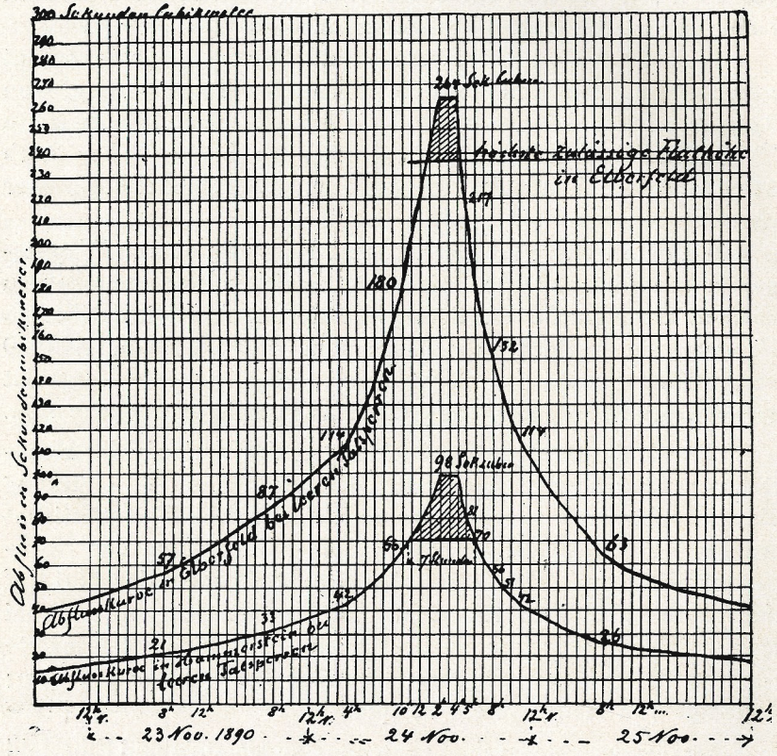
Wenn also der Wasserabfluß in Elberfeld den Abfluß von 1909 von 236 Sekundenkubikmeter nicht übersteigen soll, so darf in Hammerstein während der Hochflut nicht mehr als 236 — 166 = 70 Sekundenkubikmeter abfließen.

Der Abfluß über 70 Sekundenkubikmeter in Hammerstein bei geleerten Talsperren lieferte nach der graphischen Darstellung der Hochflut in 7 Stunden:

$$\left(3 \cdot \frac{98-70}{2} + 2\,[98-70] + 2 \cdot \frac{98-70}{2}\right) \cdot 3600 = 453600 \text{ cbm.}$$

Da der Hochwasserschutzraum 1,600000 cbm beträgt, würde also die Hochflut bei geleerten Talsperren bei weitem nicht die zulässige Höhe erreicht haben.

Es ist indessen nicht ausgeschlossen, daß eine Hochflut wie diejenige von 1890 auch bei gefüllten Talsperren vorkommen kann.



Bei gefüllten Talsperren namentlich, da die Bevertalsperre bei dem jetzigen kleinen Inhalt in den Hochwasserzeiten meistens gefüllt ist, wirkt die große Oberfläche der Talsperrenbecken verzögernd auf den Ablauf der Flut, da der Wasserstand in den Becken erst bis zu einer gewissen Höhe steigen muß, bis die Strahldicke der Ueberläufe hoch genug ist, die höchsten Flutmengen abzuführen.

Die Wasseroberflächen der Talsperren betragen nach dem Ausbau der projektierten Sperren oberhalb Hammerstein:

Bruchertalsperre	500000	qm
Lingesetalsperre	380000	„
Kerspetalsperre	1,530000	„
Neyetalsperre	700000	„
	3,110000	qm
Bevertalsperre und Erhöhung	1,250000	„

Niederschlagsgebiet	5,6	qkm
„	9,1	„
„	27,4	„
„	11,6	„
oberhalb der Bevertalsperre .	53,7	qkm
„ .	22,3	„
	76	qkm

Die Ueberläufe der Talsperren haben in der Regel eine solche Breite, daß bei dem Zufluß von 1000 Sekundenliter pro qkm Niederschlagsgebiet die Ueberfallhöhe 0,40 m beträgt.

Der Talsperrenabfluß durch die Grundablässe sollte so gehandhabt werden, daß bei eintretender Flut und gefüllten Becken die zufließenden Wassermengen durch die Grundablässe abgelassen werden, und zwar bis zu einer Zuflußwassermenge von 500 Sekundenliter pro 1 qkm Niederschlagsgebiet, eine Fluthöhe, die überall ohne Schaden verläuft. Bei höher steigender Flut werden alsdann die Grundablässe geschlossen, die Wassermengen werden in den Becken soweit aufgespeichert, bis die Strahldicke der Ueberläufe hoch genug ist, den ganzen Zufluß abzuleiten.

Bei der projektierten Erhöhung der Bevertalsperre ist ein besonderer Hochwasserschutzraum vorgesehen, über den normalen Stauinhalt von 12 Mill. cbm hinaus, von 0,50 m Höhe mit einem Inhalt von ca. 700000 cbm.

Dieser Hochwasserschutzraum wird mit den Grundablässen zugleich geschlossen, wenn der Zufluß über 500 Sekundenliter pro 1 qkm Niederschlagsgebiet beträgt. Er tritt demnach nur bei Hochflut in Wirksamkeit und hält den weiteren Zufluß zurück, sodaß die Ueberläufe der anderen Talsperren nur den Zufluß aus 53,7 qkm Niederschlagsgebiet in allmählicher Steigerung abführen.

Da die Oberfläche der oberen Talsperren 3,110000 qm hat, so würde bei einer Strahldicke der Ueberläufe von 0,40 m die Aufspeicherung 1,244000 cbm betragen.

In beigehefteter Zeichnung ist der Talsperrenzufluß in der Hochflut bei 76 qkm Gesamtniederschlagsgebiet mit 1000 Sekundenliter Zufluß pro 1 qkm graphisch dargestellt.

Durch die Grundablässe werden während des Ansteigens der Flut 76 · 0,5 = 38 Sekundenkubikmeter abgelassen, alsdann werden jene geschlossen, und die Aufspeicherung beginnt.

Da der höchste Ueberlauf bei den oberhalb der Bevertalsperre liegenden Talsperren von 53,7 Sekundenkubikmeter erst bei gefülltem Hochwasserschutzraum von 3,110000 · 0,4 = 1,244000

cbm Inhalt erfolgt, so würde die Zeitdauer bis zur Füllung der Becken bei allmählicher Steigerung des Ueberlaufs und Steigerung des Zuflusses von 38 bis 57,3 Sekundenkubikmeter $= \frac{1{,}244000 \cdot 2}{\frac{38+57{,}3}{2} \cdot 3600} = 14{,}5$ Stunden betragen.

Die Abflußkurve in beigehefteter Zeichnung verschiebt sich gegen die Zuflußkurve in der Weise, daß der höchste Abfluß von 57,3 Sekundenkubikmeter ca. 6 Stunden später erfolgt, als der Höhepunkt des Zuflusses.

Wie aus den Kurven der Zu- und Abflüsse der Talsperren in beigehefteter Zeichnung hervorgeht, beträgt die Füllung des besonderen Hochwasserschutzraumes der Bevertalsperre in den Stunden der höchsten Flutanschwellung

$$\left(3{,}5 \cdot \frac{11{,}3+15}{2}, 3+4 \cdot \frac{15{,}3+22}{2}, 3+2 \cdot 22{,}3+1 \cdot \frac{22{,}3+18{,}5)}{2}\right) \cdot 3600$$

$= 677600$ cbm gleich dem Beckeninhalt. Der Ueberlauf beginnt also um 5 Uhr bei einem Zufluß von 18,5 Sekundenkubikmeter. Bei 0,4 m Ueberlaufshöhe und 1,250000 qm Wasseroberfläche werden demnach noch weitere 500000 cbm Wasser aufgestaut, und dieser Aufstau dauert bei einem mittleren Zufluß bis zum Höhenpunkte des Aufstaues der anderen Talsperren $\frac{18{,}5 + 12}{2}$

$= 15{,}25$ Sekundenkubikmeter $\frac{500000 \cdot 2}{15{,}25 \cdot 3600} = 18$ Stunden. Da dieser Höhepunkt indessen schon in 4 Stunden erreicht ist, so würde die Abflußhöhe daselbst um 0,3 Sekundenkubikmeter erhöht. Die Abflußkurve der Talsperren zeigt gegen die Zuflußkurve eine Verschiebung, die das Maß des veränderten Abflusses darstellt, diese Verschiebung der Flutspitze wirkt alsdann günstig auf die Kurve des Hochwasserschutzraumes in Hammerstein.

Wie oben schon ausgeführt wurde, darf der Abfluß in Hammerstein in der Hochflut 70 Sekundenkubikmeter nicht übersteigen, wenn in Elberfeld die Flut nicht höher steigen soll als 236 Sekundenkubikmeter. Der Betrieb des Hochwasserschutzbeckens soll deshalb so geregelt werden, daß bei steigender Flut das Wasser durch den Grundablaß bis zur Höhe von 70 Sekundenkubikmeter abläuft.

Der Grundablaß bleibt offen, und es wird der Hochwasserschutzraum von 1,600000 cbm Inhalt durch Steigen der Flut über 70 cbm hinaus gefüllt. Wie aus beigehefteter Zeichnung hervor-

geht, würde der Hochwasserschutzraum in 9½ Stunden bei einer Flut von demselben Verlauf wie 1890 gefüllt sein und alsdann überlaufen.

Aus der Zeichnung ist die Einwirkung dieser Aufspeicherungen und die Veränderung der Abflußkurve in Elberfeld durch die gefüllten Talsperren ersichtlich.

Es geht daraus hervor, daß diese Einwirkungen auf den Abfluß in Elberfeld vollständig genügen, um die zulässige Abflußhöhe von 236 Sekundenkubikmeter zu halten und daß damit der vollständige Hochwasserschutz der Städte Elberfeld und Barmen gewährleistet ist.

Der Betrieb des Hochwasserschutzraumes am Ausgleichweiher in Hammerstein soll so erfolgen, daß es möglich wird, alle kleineren Flutanschwellungen, die weniger als 70 Sekundenkubikmeter liefern, zur Erhöhung des niedrigen Wasserstandes in Trockenperioden zu benutzen. Der Grundablaß wird so bemessen, daß er ohne Aufstau 70 Sekundenkubikmeter durchlassen kann, er schließt sich bei größerem Zufluß selbsttätig so viel, daß bei jeder Stauhöhe nur 70 Sekundenkubikmeter abfließen können, wodurch die Aufspeicherung des Zuflusses über 70 Sekundenkubikmeter hinaus erreicht wird. Da man bei Eintritt einer Flutanschwellung nicht wissen kann, ob die Abflußhöhe 70 Sekundenkubikmeter erreicht, so wird im Interesse der Aufspeicherung von Betriebswasser der Grundablaß geschlossen gehalten, bis das Becken gefüllt ist und überläuft. Steigt alsdann die Flut weiter bis zu 20 Sekundenkubikmeter, so wird der Grundablaß geöffnet, der Inhalt des Beckens läuft ab, um für den Hochwasserschutz bereit zu stehen. Bei fallender Flut wird das Becken wieder geschlossen, um sich wieder mit Betriebswasser füllen zu können. Da die Steigerung der Flutwelle von 20 bis 70 Sekundenkubikmeter einen Zeitraum von mindestens 15 Stunden beansprucht, so ist der Abfluß des Beckens $15 \cdot 3600 \cdot 70 = 3{,}780000$ cbm.

Der Zufluß ist dagegen $\frac{20+70}{2} \cdot 3600 \cdot 15 = 2{,}430000$ cbm. Das Becken ist deshalb leer gelaufen und füllt sich erst wieder, wenn der Zufluß über 70 Sekundenkubikmeter steigt.

Obige Berechnung ergibt also, daß, wenn das Hochwasserschutzbecken in Hammerstein angelegt wird, nur 70 Sekundenkubikmeter Hochwasser durchfließen dürfen. Der Zufluß über 70 Sekundenkubikmeter Flutwasser hinaus muß zurückgehalten, aufgespeichert und nach dem Fallen des Wassers abgelassen

werden. Die gefährliche Spitze der Flut wird dadurch abgeschnitten, und es hat eine Berechnung der Wirkung der gefüllten Talsperren, bei richtiger Behandlung und Benutzung der damit verbundenen Hochwasserschutzräume, eine solche Verschiebung der Flutspitze ergeben, daß es möglich wird, durch das Hochwasserschutzbecken in Hammerstein eine Ueberschwemmung der Städte zu verhüten. Für eine solche Hochwasseraufspeicherung war im oberen Wuppergebiet wegen der fast lückenlosen Ausnutzung der Gefälle nur der Wupperlauf zwischen dem Dörperwehr und dem Untergrabenabfluß der Hummeltenbergermühle unterhalb Hückeswagen geeignet.

Durch die große Schleife der Wupper zwischen dem Hammersteiner- und Dörperwehr und durch Benutzung des Gefälles der Fabrik Hammerstein und des oberhalb liegenden freien Gefälles ließ sich ein Becken von 1,600,000 cbm Inhalt bei 11 m Rohgefälle schaffen. Wegen der Rückstaukurve konnten von diesem Rohgefälle nur 10,20 m Reingefälle zum Aufstau benutzt werden, und es mußte bei Hochwasser eine 1 m hohe automatische Wehrklappe projektiert werden, damit der Hochwasserstand am Untergraben des oberhalb liegenden Werkes nicht erhöht wurde. Für den Durchfluß von 70 Sekundenkubikmeter Hochwasser mußten automatisch wirkende Durchflußöffnungen projektiert werden, die bei steigendem Wasserstand im Becken, trotz der dadurch vermehrten Ausflußgeschwindigkeit immer nur die gleiche Wassermenge durchlassen durften. Der Querschnitt der Durchflußöffnungen berechnet sich nach der Formel $0{,}625\ \sqrt{2\,g\,h}$ für die Durchflußgeschwindigkeit bei 1 m Druckhöhe zu 25,26 qm und bei 9 m Druckhöhe zu 8,41 qm. Bei 12 m Breite der Oeffnungen entstand alsdann eine Höhe der Oeffnungen von 2,1 m, die sich bei vollem Aufstau auf 0,70 m selbsttätig verringerte.

Für den eventuellen Ueberlauf bei Hochwasser mußten alsdann automatisch wirkende Ueberläufe geschaffen werden von 50 m Breite bei 1 m Höhe der Wehrklappen. An einer geeigneten Stelle des Tales mit 100 m Breite und 10 m Stauhöhe sollen deshalb in der Mitte zwei Durchlaßöffnungen von je 6 m Breite projektiert werden, die durch Schleusen geöffnet und geschlossen werden können. Hinter den Schleusen befinden sich automatische Einrichtungen, die die Durchflußöffnungen begrenzen und je nach der Aufstauhöhe regulieren, so daß immer die gleiche Wassermenge durchfließen muß. Diese beweglichen Abflüsse sind so abgerundet, daß keine hervorragenden Teile mit

dem durchfließenden Wasser in Berührung kommen und alle mitgeschwemmten Teile glatt hindurch fließen können.

Neben den Durchflußöffnungen sind 2 feste Wehre mit automatischen Stauklappen von je 25 m Länge projektiert. Die Wehrmauern und Begrenzungspfeiler der Durchflußöffnungen sind so berechnet, daß sie bei der höchstmöglichen Stauhöhe noch dem Wasserdruck genügenden Widerstand bieten. Bei den Begrenzungspfeilern der Durchflußöffnungen ist angenommen worden, daß der Wasserdruck auf die Schleusen auf die Pfeiler übertragen wird. Neben den Ueberfallwehren sind alsdann Berganschlüsse durch dichte Mauern projektiert, die sich, wie auch die Mauern der Wehrüberläufe und Pfeiler, auf festem Felsuntergrund aufsetzen. Vor den Ueberläufen und Durchgangsöffnungen wird ein Absturzbecken angelegt, das auf festem Felsen fundamentiert und unter den Durchflußöffnungen mit Stahlblechen auf $\underline{\mathrm{I}}$-Eisenunterlagen gepanzert ist, um bei der großen Durchflußgeschwindigkeit bei gefülltem Becken ein Wegreißen des Zementmauerwerks zu verhüten.

Auf dem vorhandenen Hammersteinerwehr wird eine automatische Wehrklappe angelegt, um bei leerem Hochwasserschutzbecken den Aufstau bis zur vollen Höhe für die Ausnutzung der Wasserkraft in der Fabrik Hammerstein, die durch einen Stollen mit dem Becken verbunden ist, zu ermöglichen.

Zur Verbindung der öffentlichen Wege ist unterhalb des Hammersteiner Wehres eine Fahrbrücke über das Becken projektiert, und der Verkehr über die überstaute Fußgängerbrücke in der Nähe des neuen Wehres wird über die Wehrbrücke geleitet.

Um die Wirkung des projektierten Hochwasserschutzbeckens festzustellen, ist nachfolgender Betriebsplan aufgestellt worden, in welchem die im Wuppergebiet gemessenen Wasserabflüsse vom 1. November 1908 bis 1. November 1909, die Zuflüsse der gesamten Talsperren, der Wasserverbrauch der Fabrik Hammerstein und die Größe der Aufspeicherung erkennbar sind.

Durch den Abfluß der aufgespeicherten Wassermengen, die nur sonst unbenutzbarem Hochwasser entstammen, in Niedrigwasserzeiten konnten entsprechende Wasserkräfte gewonnen und bei allen größeren Triebwerken unterhalb Hammerstein ausgenutzt werden. Es wird angenommen, daß das Werk Hammerstein den Zufluß der Wupper durch Vermittlung des Ausgleichsweihers, der den oberen Teil des Hochwasserschutzbeckens oberhalb des umgebauten Hammersteinerwehrs bildet

und zu jeder Zeit wirksam ist, bis zu 7 Sekundenkubikmeter Tag und Nacht hindurch ausnutzen kann. Der Zufluß über 7 Sekundenkubikmeter hinaus würde im Hochwasserbecken aufgespeichert und in Trockenperioden abgelassen. Bei Eintritt einer Hochflut wird zuerst das Hochwasserbecken gefüllt, steigt der Wasserzufluß alsdann noch über 20 Sekundenkubikmeter hinaus weiter, so wird das Becken zuerst leergelassen, sodann die Durchflußöffnung auf einen Durchfluß von 70 Sekundenkubikmeter gestellt und der weitere Zufluß aufgespeichert. Sinkt alsdann der Zufluß bis unter 70 Sekundenkubikmeter, so wird das Becken geschlossen und das aufgespeicherte Wasser in der darauf folgenden Trockenperiode abgelassen.

In dem Betriebsplan sind die Talsperrenzuflüsse wie folgt angenommen worden:

№	Name der Talsperre	Größe des Niederschlagsgebietes in qkm	Mittlerer jährlicher Zufluß in cbm	Ueberlauf, Verdunstung, Verbrauch d. Städte jährl. cbm	Mittlerer jährlicher Abfluß in cbm
1	Bruchertalsperre .	5,5	4,950 000	500 000	4,450 000
2	Lingesetalsperre .	9,1	8,700 000	2,500 000	6,200 000
3	Kerspetalsperre .	27,4	24,660 000	19,160 000	5,500 000
4	Neyetalsperre . .	11,6	10,440 000	8,290 000	2,150 000
5	Bevertalsperre .	22,3	21,600 000	2,120 000	19,480 000
		75,9		Gesamtabfluß	37,780 000

Der Ablaß aus den Talsperren der Wuppertalsperrengenossenschaft geschieht im Mittel in 250 Tagen der Niedrigwasserzeiten, und zwar in 50 Tagen der Trockenperioden des Winters im Mittel 8,780 000 cbm oder pro Tag 175 000 cbm. In den durchschnittlich 200 Tagen der Sommertrockenperioden werden deshalb aus sämtlichen Talsperren noch 29,000 000 cbm aufgespeichertes Wasser abgelassen und zwar im Mittel 145 000 cbm täglich.

Der Talsperrenablaß beginnt, wenn der Abfluß der Bäche bis unter 30 Sekundenliter pro 1 qkm Niederschlagsgebiet gesunken ist, er fängt mit 0 an und steigert sich in demselben Verhältnis, wie der Abfluß der Bäche abnimmt bis zu 1,8 mal dem mittleren Abfluß der Talsperren, so daß in der Zeit des größten Wassermangels $1{,}7 \times 145\,000 = 261\,000$ cbm Talsperrenwasser zum Abfluß gelangen.

Der Abfluß des im Hochwasserbecken Hammerstein aufgespeicherten Wassers geschieht im Winter sofort nach dem Sinken der Bachabflüsse unter 30 Sekundenliter pro Quadratkilometer Niederschlagsgebiet, damit das Becken bei einer etwa darauf folgenden Flutanschwellung der Wupper wieder zur Aufspeicherung des Hochwassers bereit steht. Im Sommer dagegen wird der Beckeninhalt für die Tage des geringsten Wasserabflusses reserviert, um ihn dadurch zur Verdünnung der städtischen Abwässer mit größerem Erfolg benutzen zu können.

Sollte eine Sommerhochflut eintreten, so wird das etwa noch gefüllte Becken, wenn der Zufluß über 20 Sekundenkubikmeter steigt, abgelassen, um für eine etwa eintretende Hochflut bereit zu stehen.

Betriebsplan des Hochwasserschutzbeckens Hammerstein

vom 1. November 1908 bis 1. November 1909.

Datum	Zufluß pro 1 qkm Niederschlagsgebiet i. Sek. liter	Zuflüsse aus nicht abgesperrten Gebieten 98 qkm in cbm	Zufluß aus Talsperren cbm	Gesamt-Zufluß in cbm	Verbrauch der Fabrik bis tägl. 600000 cbm	Inhalt des Hochwasserbeckens cbm	Ablaß an die Wupper: in Niedrigwasserzeiten cbm	Ablaß an die Wupper: in Hochwasserzeiten i. Max. 6 Mill. cbm tägl.
1908								
Nov. 1-8	1,33	80 000	1,830 000	1,910 000	1,910 000	—	—	—
„ 8-15	2,3	138 000	1,830 000	1,968 000	1,968 000	—	—	—
„ 15-22	9	540 000	1,460 000	2,000 000	2,000 000	—	—	—
„ 22-29	24	1,440 000	0,560 000	2,000 000	2,100 000	—	—	—
Dez. 6	18	1,100 000	0,400 000	1,500 000	1,500 000	—	—	—
„ 6-13	20	1,200 000	0,600 000	1,800 000	1,800 000	—	—	—
„ 13-20	36	2,160 000	—	2,160 000	2,160 000	—	—	—
„ 20-27	16	0,960 000	0,640 000	1,600 000	1,600 000	—	—	—
1909								
Jan. 3	8	0,480 000	1,020 000	1,500 000	1,500 000	—	—	—
„ 3-10	7	0,420 000	1,080 000	1,500 000	1,500 000	—	—	—
„ 10-14	20	0,700 000	0,800 000	1,500 000	1,500 000	—	—	—
„ 15	130	1,123 000	—	1,123 000	0,600 000	523 000	—	—
„ 16	100	864 000	—	0,864 000	0,600 000	787 000	—	—
„ 17	55	475 000	—	0,475 000	0,475 000	787 000	—	—
„ 17-24	24	1,440 000	—	1,440 000	1,440 000	487 000	300 000	—
Febr. 2	8	0,480 000	0,520 000	1,000 000	1,000 000	—	487 000	—
„ 3	160	1,380 000	—	1,380 000	0,600 000	780 000	—	—
„ 4	480	4,140 000	—	4,140 000	0,600 000	—	—	4,320 000
5. 8 Uhr früh	600—800	2,000 000	—	2,000 000	0,200 000	—	—	1,800 000
5 4 Uhr nachm.	800	2,300 000	—	2,300 000	0,200 000	0,100 000	—	2,000 000
5. 12 Uhr nachts	800—600	2,000 000	—	2,000 000	0,200 000	—	—	1,800 000
Febr. 6	600—270	3,700 000	—	3,700 000	0,600 000	1,600 000	—	1,500 000
„ 7	270—180	1,900 000	—	1,900 000	0,600 000	1,600 000	—	1,300 000
„ 8	180—60	1,000 000	—	1,000 000	0,600 000	1,600 000	—	0.400 000
„ 9	60—40	0,430 000	—	0,430 000	0,430 000	1,300 000	300 000	—
„ 10	40—20	0,256 000	—	0,256 000	0,256 000	1,000 000	300 000	—
„ 11-14	20—14	0,585 000	—	0,585 000	0,585 000	0,700 000	300 000	—
„ 14-21	11	0,660 000	0,340 000	1,000 000	1,000 000	0,400 000	300 000	—
„ 21-28	8	0,480 000	0,520 000	1,000 000	1,000 000	—	400 000	—
28-7 März	6	0,360 000	0,640 000	1,000 000	1,000 000	—	—	—
März 7-14	16	0,960 000	0,240 000	1,200 000	1,200 000	—	—	—
„ 14-18	10	0,344 000	0,856 000	1,200 000	1,200 000	—	—	—
„ 19	75	0,645 000	—	0,645 000	0,600 000	45 000	—	—
„ 20	115	0,990 000	—	0,990 000	0,600 000	375 000	—	—
„ 21	84	0,722 000	—	0,722 000	0,600 000	497 000	—	—
„ 22	120	1,030 000	—	1,030 000	0,600 000	927 000	—	—
„ 23	75	0,645 000	—	0,645 000	0,600 000	972 000	—	—
„ 24	55	0,473 000	—	0,473 000	0,473 000	972 000	—	—
„ 25	134	1,152 000	—	1,152 000	0,600 000	1,524 000	—	—
„ 26	130	1,118 000	—	1,118 000	0,600 000	1,600 000	—	442 000
„ 27	128	1,100 000	—	1,100 000	0,600 000	1.600 000	—	500 000
„ 28	84	0,722 000	—	0,722 000	0,600 000	1,600 000	—	122 000
„ 29	68	0,585 000	—	0,585 000	0,585 000	1,600 000	—	—
„ 30	60	0,516 000	—	0,516 000	0,516 000	1,600 000	—	—
„ 31	64	0,549 000	—	0,549 000	0,549 000	1,600 000	—	—
Uebertrag			13,336 000	59,678 000	41,447 000		2,387 000	14,184 000

Datum	Zufluß pro 1 qkm Niederschlagsgebiet i. Sek. liter	Zuflüsse aus nicht abgesperrten Gebieten 98 qkm in cbm	Zufluß aus Talsperren cbm	Gesamt-Zufluß in cbm	Verbrauch der Fabrik bis tägl. 600000 cbm	Inhalt des Hochwasserbeckens cbm	Ablaß an die Wupper: in Niedrigwasserzeiten cbm	Ablaß an die Wupper: in Hochwasserzeiten i. Max. 6 Mill. cbm tägl.
Uebertrag			13,336 000	59,678 000	41,447 000		2,387 000	14,184 000
April 1	75	0,645 000	—	0,645 000	0,645 000	1,600 000	—	45 000
„ 2	68	0,585 000	—	0,585 000	0,585 000	1,600 000	—	—
„ 3	54	0,464 000	—	0,464 000	0,464 000	1,000 000	600 000	—
„ 4	46	0,395 000	—	0,395 000	0,395 000	0,400 000	600 000	—
„ 4-11	22	1,320 000	0,300 000	1,620 000	1,620 000	—	400 000	—
„ 12-13	15	0,258 000	0,300 000	0,558 000	0,558 000	—	—	—
„ 14	55	0,473 000	—	0,473 000	0,473 000	—	—	—
„ 15	70	0,602 000	—	0,602 000	0,600 000	2 000	—	—
„ 16	54	0,464 000	—	0,464 800	0,464 000	2 000	—	—
„ 17	40	0,344 000	—	0,344 000	0,344 000	2 000	—	—
„ 18	30	0,258 000	—	0,258 000	0,258 000	2 000	—	—
„ 18-25	30	1,800 000	—	1,800 000	1,800 000	2 000	—	—
bis Mai 2	22	1,320 000	0,500 000	1,820 000	1,820 000	—	2 000	—
Mai 2-9	25	1,500 000	0,400 000	1,900 000	1,900 000	—	—	—
„ 9-16	10	0,600 000	1,000 000	1,600 000	1,600 000	—	—	—
„ 16-23	7	0,420 000	1,200 000	1,620 000	1,620 000	—	—	—
23-4 Juli	2,5	0,900 000	7,000 000	7,900 000	7,900 000	—	—	—
Juli 4-8	12	0,413 000	1,000 000	1,413 000	1,413 000	—	—	—
„ 9 u. 10	50	0,430 000	0,170 000	0,600 000	0,600 000	—	—	—
„ 11	35	0,300 000	—	0,300 000	0,300 000	—	—	—
„ 11-18	22	1,320 000	0,500 000	1,820 000	1,820 000	—	—	—
„ 18-25	20	1,200 000	0,500 000	1,700 000	1,700 000	—	—	—
„ 25-29	20	0,688 000	0,400 000	1,088 000	1,088 000	—	—	—
„ 30	130	1,118 000	—	1,118 000	0,600 000	518 000	—	—
„ 31	162	1,393 000	—	1,393 000	0,600 000	1,311 000	—	—
Aug. 1	88	0,757 000	—	0,757 000	0,600 000	1,468 000	—	—
„ 2	60	0,516 000	—	0,516 000	0,516 000	1,468 000	—	—
„ 2-6	50	1,728 000	—	1,728 000	1,728 000	1,468 000	—	—
„ 6-8	30	0,516 000	—	0,516 000	0,516 000	1,468 000	—	—
„ 8-15	13	0,780 000	0,500 000	1,280 000	1,280 000	1,000 000	468 000	—
15-5 Sept.	7	1,260 000	5,400 000	6,660 000	6,660 000	500 000	500 000	—
Sept. 5-19	10	1,200 000	2,800 000	4,000 000	4,000 000	—	500 000	—
„ 19-26	40	2,400 000	—	2,400 000	2,400 000	—	—	—
26-3 Okt.	14	0,840 000	1,500 000	2,340 000	2,340 000	—	—	—
Okt. 3-7	28	0,960 000	—	0,960 000	0,900 000	—	—	—
„ 8	110	0,926 000	—	0,926 000	0,600 000	326 000	—	—
„ 9	100	0,860 000	—	0,800 000	0,600 000	586 000	—	—
„ 10	75	0,645 000	—	0,645 000	0,600 000	631 000	—	—
„ 11	54	0,464 000	—	0,464 000	0,464 000	631 000	—	—
„ 11-17	24	1,236 000	0,400 000	1,636 000	1,636 000	531 000	100 000	—
„ 17-24	10	0,600 000	1,200 000	1,800 000	1,800 000	231 000	300 000	—
„ 24-31	18	1,080 000	0,800 000	1,880 000	1,880 000	—	231 000	—
Summe			39,206 000	121,466 000	101,134 000		6,088 000	14,229 000

Der Gesamtzufluß aus 98 qkm Niederschlagsgebiet hat betragen:
121,466000—39,206000 = 82,260000 cbm oder pro qkm **840000 cbm.**

Die Wasserkraft hat verbraucht 101,134000 cbm in 7200 Betriebstunden = rot. 4000 Sekundenliter im Mittel. Die unterhalb liegenden Triebwerke hatten einen Zufluß an Nutzwasser **von 6,088000 cbm.**

Aus dem Betriebsplan geht demnach hervor, daß das Hochwasserschutzbecken in Hammerstein nicht allein geeignet ist, das schadenbringende Hochwasser zurückzuhalten, sondern auch noch 6 Millionen cbm Nutzwasser zu erzeugen zur Vermehrung der Wasserkräfte und zur Verdünnung der Abwässer in Niedrigwasserzeiten.

9. Die Wupperwehre.

In dem Flußlauf der Wupper sind an den 70 Aufstauungen des Wassers zur Erlangung von Wasserkräften für die Betriebswerke von alters her meist recht primitive Wehranlagen gemacht worden.

Sie hatten als dichten Kern Spundwände oder einfach Bretterwände von Eichenholz, die mit Lehm oder Letten an den Boden des Flusses abgedichtet waren und sich einerseits an einen gemauerten Wehrkopf, zwischen Wehr und Obergraben, andererseits an das jenseitige Flußufer mehr oder weniger dicht anschlossen.

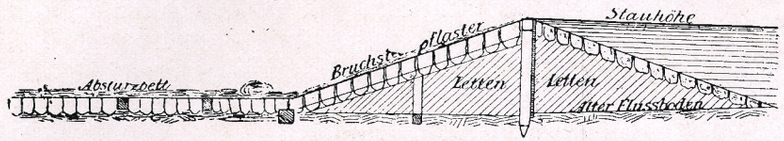
Nach außen hin war dieser Lettendamm mit Bruchsteinpflaster aus möglichst großen Steinen ohne Mörtel bekleidet.

Das Absturzbett des Wehres war, um Auskolkungen des Flußbettes zu verhüten, ebenfalls mit großen Bruchsteinen zwischen Rahmen von Eichenholzbalken gepflastert, aus demselben Grunde wurden auch die Ufer des Flusses unterhalb des Wehres gepflastert, etwa wie untenstehend skizziert.

Wenn keine übermäßig hohe Fluten oder Eisgänge vorkamen und das Holzwerk noch nicht abgefault war, hielten die Wehre eine Zeit lang stand. Bei sehr hohen Wasserfluten dagegen, welche häufig mit Eisabgängen verbunden waren, wurden fast immer einige der Wehre ganz zerstört oder doch teilweise weggerissen und alle mehr oder weniger beschädigt, so daß fortwährend Reparaturen nötig wurden.

Durch die Entwickelung der Industrie im Wuppertale wurde den Wasserkräften allmählich mehr Aufmerksamkeit geschenkt und auf größere Dichtigkeit gesehen, da die mit den Wehren verbundenen und durch sie entstehenden Wehrbecken zur Aufspeicherung des Wassers in Trockenperioden dienten und deshalb ein Wasserverlust durch Undichtigkeit des Wehres unangenehm empfunden wurde.

Die Wupperwerke mit größeren Gefällen und hohen Wehren suchten, durch die häufigen kostspieligen Reparaturen und die Betriebsstörungen durch Beschädigung der Wehre veranlaßt, die Wehranlagen solider zu gestalten.



Es wurden an Stelle der nicht dauerhaften Holzkonstruktionen Traß- oder Cementmauern als Wehrdichtung angewendet und auf bessere Pflasterungen der Wehrböschungen und der Absturzbetten größerer Wert gelegt.

Einzelne besonders hohe Wehre, wie dasjenige in Dahlhausen, hatten trotz des soliden eigentlichen Wehrkörpers, mit Traßmauern und Pflaster aus sehr großen Bruchsteinen, sehr häufig mit tiefen Auskolkungen des Absturzbettes zu schaffen, da der Untergrund des Wupperbettes unterhalb des Wehres aus lockerem Kies- und Lettenboden bestand. Das Absturzbett wurde im Jahre 1881 muldenförmig durch eine 1 m starke Lage von Bruchsteinbeton mit Zement und Wasserkalkmörtel erneuert und und hat seit dieser Zeit, trotz Hochflut von 1890 und Eisgängen, keine Reparaturen erfordert.

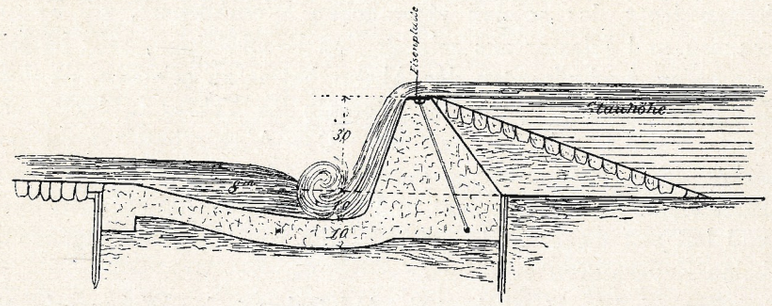
Durch die ziemlich steile Abböschung der Wehre erlangt das Wasser bei Fluten eine so große Abflußgeschwindigkeit, daß bei den meisten Wehranlagen, sowohl im Flußbett wie auch an den Uferböschungen, schädigende Wasserangriffe vorkommen, die häufig zu großen Reparaturen Veranlassung geben.

Um die durch die große Abflußgeschwindigkeit des Wassers an den Wehren mit geneigter Absturzfläche entstehenden Schäden am Absturzbett und den Flußufern zu vermeiden, hat der Verfasser eine Reihe Wehre, die bei der Hochflut vom 24. November 1890 zerstört wurden, erneuert und das Wehrprofil so konstruiert, daß das Wasser fast senkrecht in eine mit Wasser angefüllte Mulde abstürzt, in welcher die Wassergeschwindigkeit des Absturzes vollständig aufgehoben wird, so daß das Wasser ohne jede Anfangsgeschwindigkeit ruhig weiterfließt. Die Wehrmauer sowohl wie das muldenförmige Absturzbecken werden in Beton aus Kleinschlag und Zement ausgeführt und die Dimensionen so gewählt, daß das Wehrprofil bei höchster Ueberflutung nur Druckspannungen erhält.

Die mit der Wehrmauer ein innig verbundes Ganze bildende Mulde des Absturzbettes erhält je nach der Natur des Unterbodens eine solche Stärke, daß sie jedem Anprall von Wasser oder Eis widerstehen kann.

Wenn ein solches Wehr nicht auf Felsuntergrund angelegt werden kann, so erhält es Spundwände vor und hinter dem Wehrprofil, um Undichtigkeiten und Unterspülungen zu vermeiden (siehe beiskizziertes Wehrprofil).

In einigen Fällen konnte nur dann das ganze zur Verfügung stehende Gefälle benutzt werden, wenn der obere Teil des Wehres beweglich gemacht wurde, damit sich dieser bewegliche Teil bei höherer Ueberflutung des Wehres selbsttätig niederlegen und so einen schädlichen Rückstau bei Hochwasser verhindern konnte.



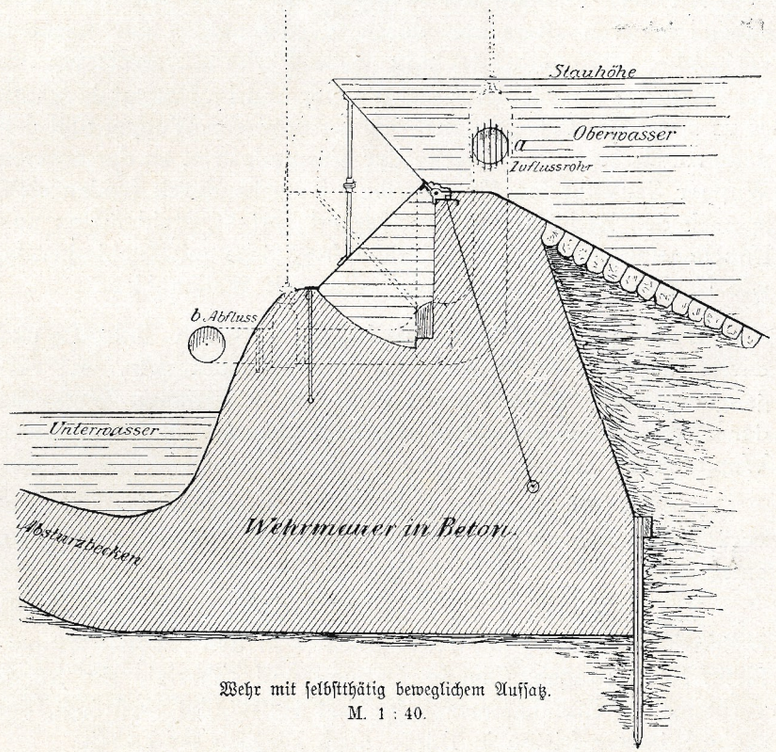
Dieser, auf S. 81 skizzierte, bewegliche Aufsatz besteht aus zwei winkelrecht zu einander stehenden Blechplatten, die in der ganzen Länge des Wehres durchgehen und ihren Drehpunkt in einer durch entsprechende Lagerungen festgehaltenen Welle finden. Die Unterplatte bewegt sich in einer Betonmulde, die mit Zuflußröhren, Abflußkanälen und Wasserschiebern durch die anstoßenden Wehrköpfe versehen ist, um den Wasser-Zu- und -Abfluß zu derselben regulieren zu können. Während der Bewegung muß die Unterplatte möglichst dicht an Boden und Seitenwände der Mulde anschließen, um möglichst geringen Wasserverlust zu haben, ebenso muß die Unterplatte sich dicht an die Oberkante der Mulde anlegen.

Die Wirkungsweise des Aufsatzes ist folgende:

In normalem Zustande, bei aufgerichteter Platte, stehen beide Platten unter Wasserdruck, der Zuflußschieber bei a ist geöffnet, der Abflußschieber bei b geschlossen. Die Unterplatte **hat alsdann höheren Wasserdruck und hält infolgedessen die**

Oberplatte hoch. Wird nun a geschlossen und Schieber b geöffnet, so entleert sich die Mulde, der Wasserdruck auf die untere Platte hört auf, die Oberplatte hat nur allein noch Wasserdruck und muß sich langsam umlegen in dem Maße wie, das Wasser aus der Mulde abfließt. Wenn nun der Abflußschieber wieder geschlossen und der Zuflußschieber geöffnet wird, so hebt der Ueberdruck auf die Unterplatte den Aufsatz wieder hoch.

Der Anschluß der Wehrklappe an den Betonkörper ist nicht vollkommen dicht, die Undichtigkeit ist aber bei normalem Druck und Wasserstand sehr viel geringer als der mögliche Zufluß durch den Schieber a, sodaß der Ueberdruck auf die Unterplatte zum Hochhalten des Aufsatzes verbleibt. Sobald aber das Wasser



Wehr mit selbstthätig beweglichem Aufsatz.
M. 1 : 40.

steigt und dadurch die Undichtigkeit größer wird, gleichzeitig die Oberplatte durch die Strömung des überfließenden Wassers einen größeren Druck erhält, so wird der Druck auf die Unterplatte **soviel vermindert, daß der Aufsatz sich umlegt.**

Man kann nun durch Versuche die Zu- und Abflußschieber so einstellen, daß der Aufsatz bei einer gewissen Ueberlaufshöhe des Wassers soviel niedersinkt, wie es das Gleichgewicht des Drucks auf die beiden Platten zuläßt, dadurch das Oberwasser auf einer bestimmten Höhe verbleibt und der Rückstau verhindert wird.

Der Wehrkörper liegt zwischen zwei Wehrköpfen, in welchen die Regulierungskanäle und Schieber angebracht sind und an welche sich einerseits der Oberwasserkanal, andererseits eine Dichtungsmauer an den Fels des Berghanges anschließt.

10. Die Industrie im Wuppergebiet.

An dem Flußlauf der Wupper und ihren Seitenzuflüssen haben sich von alters her durch die Benutzung der reichlich vorhandenen Wasserkräfte industrielle Werke niedergelassen. In der Nähe des Quellgebietes der Wupper und im Dhünntale waren es vorzugsweise Pulvermühlen, an der mittleren Wupper und den Seitenzuflüssen Hammerwerke der Eisenindustrie, an der unteren Wupper Schleifereien für dieselbe. Zwischendurch fanden sich, je nach den Bedürfnissen der Gegend verteilt, Mahlmühlen und Knochenstampfen und in der Nähe der Städte mit Tuchindustrie, wie Hückeswagen und Lennep, vereinzelt Walkmühlen.

Durch den gewaltigen Aufschwung der ganzen Industrie und deren allmähliche Entwicklung zur Großindustrie im vergangenen Jahrhundert wurden auch die industriellen Werke an der Wupper sehr wesentlich beeinflußt, besonders in dem mittleren Wupperlauf.

Die Pulvermühlen der Quellgebiete haben sich fast gar nicht verändert, vereinzelt sind dort Spinnereien und Knochenölfabriken entstanden.

Von Wipperfürth bis Elberfeld dagegen wurden durch die rapide Entwickelung der Textilindustrie in den Städten Wipperfürth, Hückeswagen, Lennep, Barmen und Elberfeld die früher vorhandenen Eisenhammerwerke fast vollständig verdrängt, nur sechs Hämmer fristen in Dörpe noch kärglich ihr Dasein.

An Stelle der Hämmer entstanden eine Reihe bedeutender Tuchfabriken und Spinnereien, sowie Band-, Litzen-, Seiden- und Sammetwebereien, Kattundruckereien, Bleichereien und Färbereien, die alle mehr oder weniger zu ihrer Existenz und

Entwickelung auf die Benutzung des Wupperwassers angewiesen waren.

Die Hammerwerke wurden aus dem eigentlichen Wuppertal, weil dort größere Wasserkräfte zur Verfügung standen, die zur Entwickelung der Großindustrie besser Verwertung fanden, verdrängt.

In den Seitentälern, besonders in der Umgebung von Remscheid, fanden sie jedoch noch immer Verwertung, wenn auch dort durch die immer billiger gewordenen Dampfkräfte die nur periodisch bei gutem Wasserstand arbeitenden Wasserhämmer allmählich verdrängt werden.

An der unteren Wupper dagegen, von Elberfeld bis Leichlingen, haben sich die uralten Schleifereien für die Solinger und Remscheider Industrie fast unverändert erhalten. Zwei Papierfabriken, eine Deckenwalkerei, neuerdings das Wasser- und Elektrizitätswerk Solingen und das Bergische Elektrizitätswerk bilden eine Ausnahme.

Diese Schleifereien arbeiten noch immer, wie von jeher, mit sehr primitiven unterschlächtigen Wasserrädern von nur 30 Prozent Nutzeffekt.

Die Ursache dieses Stillstandes in der Entwickelung der dortigen Industrie ist wohl zu suchen einerseits in dem Mangel an Verkehrsstraßen — hat doch das ganze Wuppergebiet von Elberfeld bis Leichlingen keine ordentliche Straße den Werken entlang — andererseits aber auch an dem durch die Abwässer der großen Städte so furchtbar verunreinigten Wupperwasser.

Das Wupperwasser ist unterhalb von Elberfeld schwarzbraun und führt eine ungeheure Menge von Unrat der Städte und deren Fabriken. Turbinenanlagen sind nur dann anwendbar, wenn außerordentlich kostspielige Einrichtungen getroffen werden zur Reinigung des Wassers von mitgeschwemmten festen Stoffen und Fasern.

Die vorhandenen Turbinenanlagen an den Papierfabriken und Elektrizitätswerken sind kaum zu benutzen und werden deshalb überall durch Dampfanlagen ersetzt. Dieser Zustand bildet eine große Schädigung der Wupperanwohner und ist auf die Dauer unhaltbar. Fische, überhaupt jedes lebende Wesen, ist im Wupperwasser unmöglich, und man hat bei Wehrbauten in der Wupper vergebens nach irgend welchen Spuren von organischen Lebewesen gesucht, nicht das kleinste Würmchen ist zu entdecken.

Das Wasser enthält glücklicherweise so viel Säuren und desinfizierende Stoffe aus den chemischen Fabriken der großen Städte, daß es für den Gesundheitszustand der Anwohner nicht nachteilig wirkt, haben doch die Städte Elberfeld und Barmen fast die geringste durchschnittliche Sterblichkeit in ganz Deutschland.

In neuerer Zeit ist durch die Kanalisierung der Städte Elberfeld, Barmen sowie Solingen und Remscheid und die damit verbundenen Abwässerreinigungen der Zustand des Wupperwassers etwas verändert, aber noch nicht verbessert worden. Die Reinigung der Abwässer ist noch unvollkommen, und die Einführung der Fäkalien in dieselben hat die Wasserverhältnisse im Wupperlauf unterhalb der Städte so verschlechtert, daß in außergewöhnlichen Trockenperioden die größten Mißstände entstanden sind.

Der außergewöhnlich trockene Sommer des Jahres 1911 hatte die Wasserverhältnisse der Wupper so ungünstig gestaltet, daß unterhalb Elberfeld der Wasserabfluß der Wupper in der zweiten Hälfte des Sommers und der ersten Hälfte des Herbstes geringer war als der Abwasserabfluß der in die Wupper entwässernden Städte und Ortschaften. Da nun die Wupper vorzugsweise in dieser Zeit Abwässer führte, wurden die Anwohner des Wuppertals unterhalb der Städte Elberfeld-Barmen, besonders aber von der Mündung des Papiermühlenbachs abwärts, weil von da an ein Teil der Abwässer von Solingen durch den Papiermühlenbach, sowie durch den Mors- und Eschbach von Remscheid zu den übrigen Abwässern namentlich der Städte Barmen und Elberfeld der Wupper hinzugeführt werden, derart von Gerüchen belästigt, daß sie gegen die Gesundheitsschädigung und die Entwertung ihres Besitzes protestierten und von den Behörden Schutz und Abstellung der Uebelstände verlangten.

Der viel zu geringe Inhalt der Wuppertalsperren war in den ersten Monaten der Trockenperiode, deren lange Dauer man nicht voraussehen konnte, zum großen Teil abgelassen worden, auch die Neyetalsperre stellte am 1. August die Wasserabgabe an die Wupper ein, und so sank der Wupperabfluß bis zum geringsten bisher gemessenen Quantum von 0,58 Sekundenliter pro qkm Niederschlagsgebiet herab.

Die Beschwerden der Mitglieder der Wuppertalsperren-Genossenschaft von der unteren Wupper veranlaßte den Vorstand der Genossenschaft, eine Verbesserung der Zustände in Erwägung zu ziehen. Eine solche Verbesserung kann nur erreicht werden, wenn der Wupperabfluß in den trockensten

Tagen der Niedrigwasserzeit durch klares Gebirgswasser der Talsperren so vermehrt wird, daß eine 3 bis 4malige Verdünnung der Abwässer eintritt. Wenn nun auch die Zustände nach Fertigstellung und Inbetriebsetzung der Kerspe- und Bruchertalsperre sich etwas verbessern werden, so zeigte doch eine genaue Kalkulation der Wasserverhältnisse, daß es nötig ist, das im Verhältnis zum Niederschlagsgebiet viel zu kleine Becken der Bevertalsperre so weit zu vergrößern, daß es möglich wird, den ganzen Zufluß des Niederschlagsgebiets von 22,3 qkm aufzuspeichern und in der Niedrigwasserzeit zum Abfluß zu bringen.

Wie aus den Jahresberichten der Genossenschaft hervorgeht, hatte der Ueberlauf der Bevertalsperre nach dem 11jährigen Mittel einschließlich des Jahres 1911 9,286,900 cbm betragen. Wenn dieser Ueberlauf zurückgehalten werden kann und wenn man für die Verdunstung an der vergrößerten Beckenoberfläche 568 900 cbm rechnet, so können 8,700 000 cbm, entsprechend einer Vergrößerung des Inhalts von 3,3 auf 12 Mill. cbm, in den trockensten Tagen nutzbar gemacht werden.

Es ist indessen unmöglich, daß die Triebwerke an der Wupper bei der jetzt schon außerordentlich hohen Belastung von 88 Mark pro PS. die erheblichen Kosten dieser Talsperrenvergrößerung allein übernehmen, da zur Zeit nur 14 größere Werke das vermehrte Triebwasser benutzen können. Die Erwägung, daß die vermehrten Wassermengen vorzugsweise zur Verdünnung der Abwässer unterhalb Elberfeld dienen sollen, und eine bessere Regulierung der Wupper inbezug auf Verhütung von Hochwasserschäden im Interesse der Allgemeinheit liegt, muß dazu führen, daß die Betriebskosten der vergrößerten Talsperren von sämtlichen Interessenten, den Erzeugern der Abwässer, dem Staat und der Provinz getragen werden.

Zur Berechnung der Wasserverhältnisse in Buchenhofen unterhalb Elberfeld wurde festgestellt, daß das Gesamtniederschlagsgebiet der Wupper dort eine Flächengröße von 370 qkm hat.

Durch Talsperren waren bisher abgesperrt:

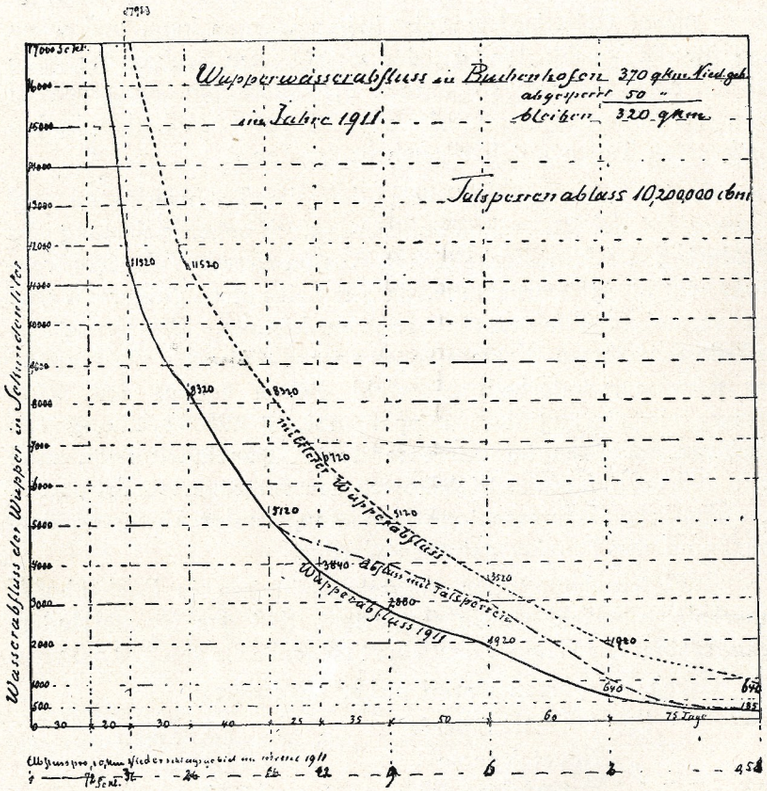
Für Lingesetalsperre	9,1	qkm
„ Neyetalsperre	11,6	„
„ Bevertalsperre	22,3	„
„ Lennepertalsperre . . .	1,4	„
„ Barmertalsperre	5,6	„
in Summe	50	qkm

Es verbleiben deshalb aus nicht gesperrten Gebieten 320 qkm.

Nach den Beobachtungen im Lütgenau- und Lingesetal war der Wasserabfluß der Wupper in der Trockenperiode des Jahres 1911 sehr stark unter dem mittleren Zustand verlaufen.

In nachstehender Abflußkurve ist der Abfluß der Trockenperiode vom 1. April bis 1. November 1911 und die mittlere Abflußkurve für ein Niederschlagsgebiet von 320 qkm dargestellt.

Die Bever- und Lingesetalsperre hatten einschl. einer kleinen Anschwellung im Mai 6,200 000 cbm Inhalt, der Zufluß in der Trockenperiode ging zum Teil besonders in den Monaten Juli, August und September durch Verdunstung an der Beckenoberfläche verloren. Es wurden 8,2 Mill. cbm abgelassen. Aus



der Neyetalsperre wurden in den ersten 120 Tagen bis 1. August 2 000 000 cbm abgelassen. Es standen demnach zur Erhöhung

des Niedrigwassers 10,200 000 cbm zur Verfügung, die in 180 Tagen in allmählich abnehmender Stärke abgelassen wurden.

Der mittlere Ablaß beträgt deshalb $\frac{10{,}200000 \cdot 1000}{180 \cdot 86\,400} = 650$ Sekliter.

In den ersten Monaten wurden 1 000 Sekl. abgelassen, in den letzten Monaten 300 Sekl. und weniger.

Wenn im Jahre 1911 die Kerspe- und die Bruchertalsperre schon in Wirkung gewesen wären, so würden sich die Wasserverhältnisse schon günstiger gestaltet haben. Das nicht gesperrte Niederschlagsgebiet würde um 27,4+5,6=33 qkm kleiner gewesen sein und die Abflußkurve der Wupper entsprechend niedriger liegen.

Die Talsperrenabflüsse würden alsdann um 5,5 Millionen cbm aus der Kerspe und 3,5 Mill. cbm aus der Bruchertalsperre größer gewesen sein und 10,2+5,5+3,5=19,2 Mill. cbm betragen haben.

Nach Fertigstellung der projektierten und in Ausführung begriffenen Talsperren und Ausgleichweiher würde man demnach einen Minimalwasserabfluß in Buchenhofen in einem so abnorm trockenen Jahre wie 1911 von 2166 Sekundenliter, ohne Abfluß des Wasserleitungswassers aus Rhein und Ruhr oder Kerspetalsperre, erreicht haben.

Da das Wasserleitungswasser nur zum Teil durch den Abwasserkanal zum Abfluß kommt, so würde der Minimalwasserabfluß in der Wupper mindestens 2500 Sekundenliter betragen haben, also schon eine 3 malige Verdünnung des Abwassers erfolgt sein.

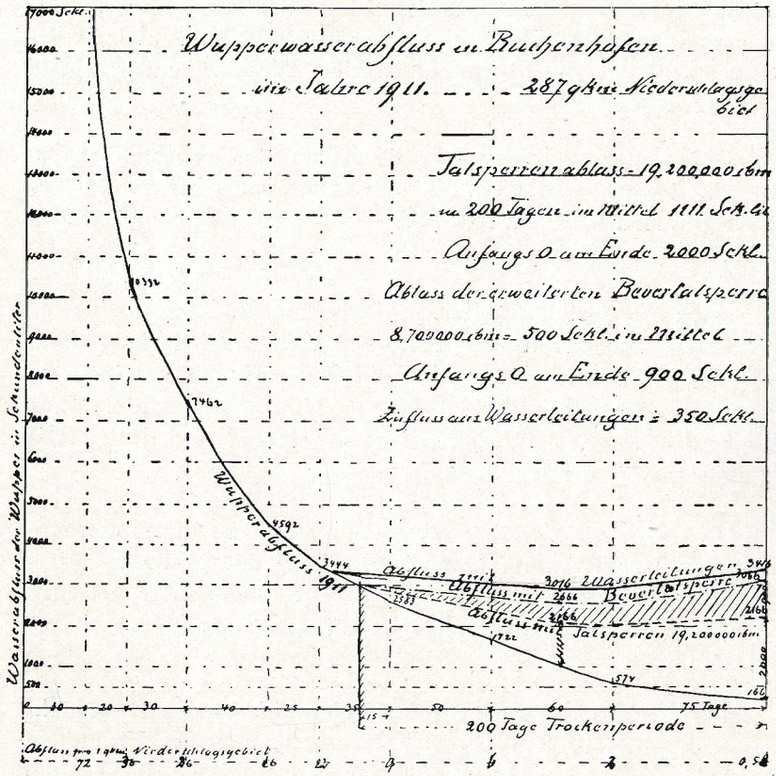
Würde man nun noch 8,700000 cbm aufgespeichertes Hochwasser durch die Erhöhung der Bevertalsperre zur Verfügung gehabt haben, so würde in den 200 Tagen der Niedrigwasserzeit der Wasserabfluß um im Mittel $\frac{8\,700\,000 \cdot 1000}{200 \cdot 86\,400} = 500$ Sekl.

am Ende 1,8 . 500 Sekl. = 900 Sekl. höher gewesen sein.

Der Minimalwasserabfluß der Wupper würde dann mit einem Teil des Wasserleitungswassers auf 3100 Sekundenliter

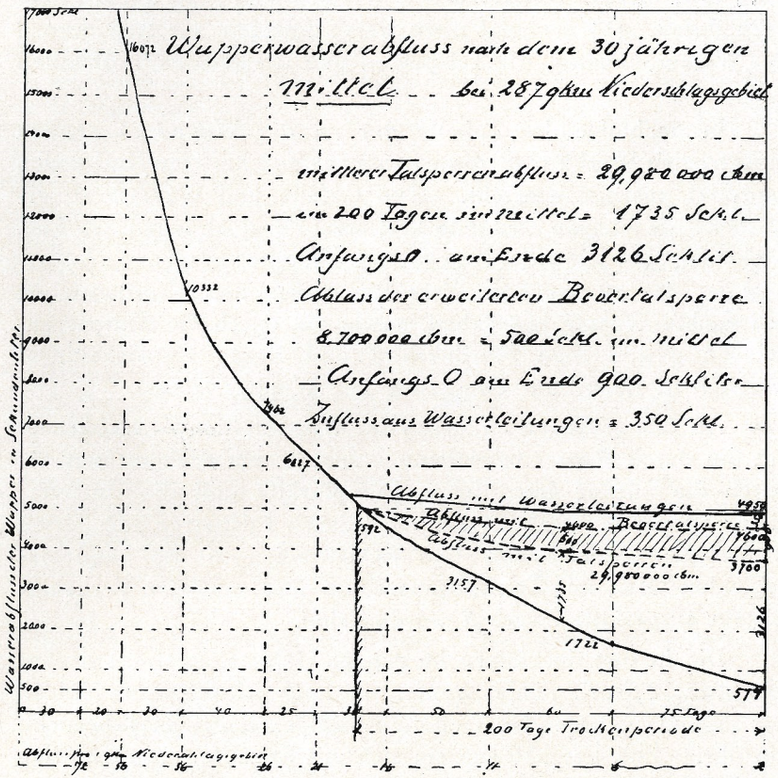
gestiegen sein und eine 4 malige Verdünnung des Abwassers ermöglicht haben.

Sehr viel günstiger sind die Wasserverhältnisse in Jahren mit mittlerem Abfluß, in denen eine mehr oder weniger starke Flutanschwellung in den Sommer fällt, wodurch die Talsperren ganz oder teilweise wieder gefüllt werden und der Minimalwasserabfluß meistens nicht uuter 2 Sekundenliter pro qkm Niederschlagsgebiet sinkt.



Bei mittleren Wasserverhältnissen erreicht das Nutzwasser der Talsperren, das heißt die Aufspeicherung von Hochwasser über den Zufluß zu den Talsperren hinaus, den 1,7 maligen Talsperreninhalt. Ohne die Erhöhung der Bevertalsperre würde der Talsperrenablaß sich gestalten: Ab 1914—1915 nach Fertigstellung der Bruchertalsperre Inhalt 3,3 Mill. Gesamtzufluß abzügl.

Verdunstung (5,5 . 900000—500000) . .	=	4,450000 cbm
Lingesetalsperre Inhalt 2,6 Mill. cbm Gesamtzufluß abzügl. Ueberlauf und Verdunstung nach Talsperrenbericht 8700000—2500000	=	6,200000 cbm
Kerspetalsperre Ablaß nach Vertrag . . .	=	5,500000 „
Neyetalsperre desgl. (bis 1918 noch 3,150000 cbm)	=	2,150000 „
Bevertalsperre Inhalt 3,3 Mill. cbm Gesamtzufluß, nach Talsperrenbericht 21,600000 (Ueberlauf 9,260000 und Verdunstung 560000)	=	10,780000 cbm
Lennepertalsperre	=	300000 „
Barmertalsperre Ablaß nach Vertrag . . .	=	600000 „
Summa		29,980000 cbm



Die Talsperren werden also liefern: $\frac{29{,}980\,000 \;.\; 1000}{200 \;.\; 86\,400}$

= 1735 Sekl. im Mittel. Am Anfang 0 Sekl., am Ende 3126. In nachfolgender graphischer Darstellung sind die Wasserverhältnisse bezeichnet, und daraus geht hervor, daß das Minimalwasser in Buchenhofen auf 3126+287 . 2 = 3700 Sekl. ohne Wasserleitungswasser und 4050 Sekl. mit ihm steigt, wodurch eine 4 malige Verdünnung des Abwassers erreicht wird. Mit 8,700000 cbm Wasser aus der Erhöhung der Bevertalsperre würde der Minimalwasserabfluß 4950 Sekundenliter oder eine 5 fache Verdünnung des Abwassers erreicht werden.

An dem Teil der Wupper unterhalb Leichlingen befinden sich noch eine Färberei, eine Spinnerei und eine Holzstofffabrik.

Im Dhünntale hat sich die Industrie weniger entwickelt, es sind noch immer hauptsächlich kleinere Mehlmühlen und Pulvermühlen dort vorhanden. Die Ursache dieser Erscheinung liegt auch dort an den mangelnden Chausseen dem Fluß entlang und auch daran, daß bis jetzt noch keine Anlagen zur Regulierung des Wasserabflusses, wie Talsperren und dergleichen, vorhanden sind.

In nachfolgender Tabelle der an der Wupper liegenden industriellen Werke sind dieselben nach gleichartigen Kategorien geordnet zusammengestellt. Die Gefälle und Wasserkraftverhältnisse im jetzigen Zustande und nach der noch möglichen Entwickelung sind von jeder Kategorie der Werke angegeben. Außerdem ist das zu sonstigen Zwecken außer den Kraftbetrieben gebrauchte Wasser angegeben, sowie die durch die Talsperrenanlagen gewonnenen Pferdekräfte und deren Entwickelungsfähigkeit in Bezug auf Benutzung des Wupperwassers.

An den größeren Zuflüssen der Wupper, den Seitenbächen, hat die durch Wasser betriebene Industrie sehr nachgelassen, da durch die billiger gewordenen Dampfkräfte und die Unzuverlässigkeit der Wasserkraft der nicht durch Talsperren regulierten Bäche die Eisenhämmer und Schleifereien in die bequemer liegenden Orte, mit Eisenbahnanschluß und sonstigen Verkehrsmitteln ausgestattet, verlegt worden sind.

Die in den Bachtälern im ganzen Gebiete zerstreut liegenden etwa 50 Fruchtmühlen werden nur noch zeitweise zum Mahlen der in den umliegenden Gehöften gezogenen Frucht gebraucht, die übrige Zeit beschäftigen sie sich mit Stampfen von Knochen zur Wiesendüngung.

In den verschiedenen Bachtälern befinden sich noch außer obigen 50 Mühlen 9 Pulvermühlen, 7 Textilfabriken, 1 Holz-

Tabelle der industriellen Werke an der Wupper, deren Wasserkraftverhältnisse und Wasserverbrauch.

Name der Kategorie der Werke	Gesamtgefälle in Meter	Gesamtwasserkraft nach gegenwärtiger Ausnützung in Pferdekräften ohne Talsperren	Gesamtwasserkraft nach Ausnützung des vorhandenen Wassers mit Talsperren	Sonstiger Wasserverbrauch für Wäscherei, Färberei u. s. w. in Kubikmetern pro Tag	Durch Talsperren gewonnene Wasserkräfte bei jetziger Ausnützung in Pferdekräften	Durch Talsperren gewonnene Wasserkräfte bei voller Ausnützung des Wassers in Pferdekräften
1. 5 Pulvermühlen mit 16 Motoren	14.16	25	41	—	16	20
2. 12 Tuchfabriken m. 13 Motoren , . . .	25.10	867	1089	7 321	222	300
3. 6 Spinnereien mit 7 Motoren	16 35	570	727	3 211	157	200
4. 3 Hammerwerke m. 8 Motoren	3.50	41	45	—	4	10
5. 4 Elektrizitätswerk. mit 10 Motoren . .	19.40	1204	1419	9 435	215	400
6. 31 Druckereien, Färbereien, Bleichereien u. s. w. . .	12.16	323	372	15 557	49	100
7. 3 Fruchtmühlen mit 3 Motoren	6.30	26	31	—	5	10
8. 3 Eisengarnfabrik. mit 4 Motoren . . .	9.64	257	323	820	66	100
9. 3 chem. Fabriken .	12.50	204	268	2 965	64	100
10. 5 Papierfabriken m. 7 Motoren	8.50	300	375	2 098	75	100
11. 14 Schleifereien mit 21 Motoren	22.70	343	495	—	52	200
12. 1 Holzstofffabrik .	4.60	153	185	—	32	100
13. 1 Wasser- und Elektrizitätswerk	5.10	435	510	—	75	100
14. 6 verschiedene Fabriken u. Pumpwerk.	—	—	—	963	—	—
in Summa	**160.01**	**4748**	**5780**	**42370**	**1032**	**1740**

schneiderei, 5 Eisenwarenfabriken, 1 Elektrizitätswerk und 73 Eisenhämmer und Schleifereien.

Von letzteren liegen 17 Eisenwerke, ein Elektrizitätswerk und eine Deckenfabrik an dem durch die Remscheider Talsperre regulierten Eschbach.

Die Erhaltung und weitere Entwickelung der gesamten Industrie im Wuppergebiet hängt ganz wesentlich ab von günstigen langfristigen Handelsverträgen mit allen Kulturländern, da die

Produktion in allen Fabrikationszweigen bei weitem nicht allein in Deutschland untergebracht werden kann und die zähen, fleißigen und intelligenten Bewohner des Bergischen Landes sich Absatzgebiete in der ganzen Welt erobert haben, von denen das Wohlbefinden der ganzen Bevölkerung abhängig ist.

11. Projekte von neuen Wasserkraftanlagen im Wuppergebiet.

Die bisherige Wasserkraftausnutzung im Gebiete der Wupper ist noch ein Erbteil aus alter Zeit, in welcher man noch keine Ahnung davon hatte, wie sich durch Aufspeicherung der Hochwässer und Krafterzeugung durch hohe Gefälle die Ausnutzung der Niederschläge außerordentlich vermehren ließ. Die aus alter Zeit vorhandenen Mühlen und Hammergefälle wurden einfach weiter benutzt und nur durch Anlage moderner Motoren von der Industrie etwas verbessert.

Dann kam die Talsperrenidee; durch Aufspeicherung der Hochwässer und Abgabe der zurückgehaltenen Wassermengen in den Niedrigwasserzeiten wurde der stark schwankende Wasserabfluß etwas gleichmäßiger, und es wurden Wasserkräfte gewonnen. Aber die ersten Talsperren waren nicht groß genug angelegt; die Aufspeicherung der Hochwässer genügte bei weitem nicht, den Wassermangel in Niedrigwasserzeiten zu decken. Die Anlagekosten waren im Verhältnis zur Wirkung viel zu hoch. Man hätte mit geringen Mehrkosten einen weit größeren Aufspeicherungsraum schaffen und dadurch die Anlagen rationeller gestalten können. Die vorhandenen Hochwässer können bei weitem nicht zurückgehalten werden, und es müssen infolgedessen die Talbecken überlaufen, und zwar in Zeiten, wo das Wasser wegen genügenden Abflusses der Wupper nicht ausgenutzt werden kann.

Durch die verhältnismäßig geringe Wirkung der Talsperren auf die Ausgleichung des Wasserabflusses der Wupper und die hohen Talsperrenbeiträge können die Besitzer der ungenügend ausgenutzten oder brachliegenden Gefälle keine Anregung erhalten, ihre Gefälle so auszunutzen, daß sie den zur Verfügung stehenden Wassermengen entsprechen. Die großen Kosten des Ausbaues der Gefälle würden nicht rentabel gemacht werden können, und es würde ein solcher Ausbau nur ermöglicht werden, wenn weitere Talsperren gebaut und die Beiträge ermäßigt würden.

In neuerer Zeit haben sich nun die Verhältnisse wesentlich verbessert. Die Neye- und die Kerspetalsperre sind erbaut worden, und die Bruchertalsperre ist im Entstehen. Durch die Einnahmen, die die Wuppertalsperren-Genossenschaft aus den für Wasserleitungen der Städte erbauten Talsperren erhält, wird es möglich, die Bruchertalsperre, den Wasserverhältnissen des Baches entsprechend, auszubauen. Der Wasserabfluß der Wupper wird dadurch in den Niedrigwasserzeiten so verbessert, daß man jetzt daran denken kann, nicht allein die bestehenden rationell betriebenen Wasserkraftanlagen zu vergrößern, sondern auch neue Werke an freien Gefällen anzulegen.

Man kann die mangelhaft oder gar nicht benutzten Gefälle zu einzelnen großen Kraftzentralen mit elektrischer Ausnutzung der Kräfte zusammenfassen, die alsdann vom Staat zur künftigen Elektrisierung der Eisenbahnen oder auch an einigen Stellen von bestehenden Elektrizitätswerken zur rationellen Ausnutzung gebracht werden könnten. Dieses Zusammenfassen der kleineren Gefälle ist sehr viel vorteilhafter als die Ausnutzung der Einzelgefälle, da die Motoren sehr viel billiger bei wenigen hohen, als bei einer großen Menge niedriger Gefälle und die Anlagekosten der Zuleitungen des Wassers zu den Kraftzentralen nicht größer werden, als die Summe solcher Anlagen bei vielen kleinen Einzelwerken.

Oberhalb der Städte Elberfeld und Barmen werden die Wasserkräfte der Wupper jetzt schon nationell ausgenutzt, und es können die durch die Talsperren erzeugten Nutzwassermengen voll verwertet werden. Unterhalb der Städte jedoch liegen die Wasserkraftanlagen meistens unbenutzt oder werden nur sehr unvollkommen verwertet. Da nun auch die Wasserleitungswasser der oberhalb liegenden Talsperren der Städte und aus Rhein und Ruhr hier wieder in die Wupper fließen, so ist der Wupperlauf unterhalb Elberfeld, zwischen den vereinzelt liegenden rationellen Wasserkraftanlagen, am besten geeignet zur Anlage von großen Kraftzentralen.

I. Wasserkraftanlage am Wertherkotten.

Die erste größere Kraftzentrale könnte unterhalb Evertsau und oberhalb Papiermühle angelegt werden, da hier 4 Gefälle unbenutzt liegen und zwei weitere nur sehr minderwertig ausgenutzt werden. Es würde dort ein Rohgefälle von 12 Meter ausgenutzt werden können. Man würde dort ein hohes Wehr oberhalb Auermühle anlegen, dessen Rückstau bis zum Einfluß des Kanalwassers von Elberfeld und Barmen in die Wupper reicht. Durch den 7 m hohen Aufstau des Wupperwassers wird ein Ausgleichsweiher geschaffen von 300000 qm Oberfläche und 900000 cbm Wasserinhalt, der als hydraulischer Akkumulator

wirkt und durch welchen die unregelmäßigen Zuflüsse von oberhalb so reguliert werden können, daß man mit ganz geringem Verlust an Stauhöhe einen regelmäßigen Wasserabfluß erhält. Damit bei Hochwasser kein unzulässiger Rückstau eintritt, erhält das Wehr einen selbsttätigen Schwimmeraufsatz von 2 m Höhe, der so eingerichtet ist, daß er sich beim Ueberlaufen von Wasser um so viel niederlegt wie die Strahldicke des Ueberlaufwassers beträgt, sodaß die Stauhöhe immer dieselbe bleibt. An den linksseitigen Wehrkopf schließen sich die Schlammablässe und die Abschlußschleusen mit Rechen an, und es wird von dort aus das Betriebswasser durch einen 2000 m langen Stollen durch die linksseitigen Berge dem Kraftwerk am Wertherkotten zugeführt.

Der Stollen erhält einen lichten Querschnitt von 9 qm, wird mit Zementbeton ausgemauert und glatt verputzt, sodaß der Gefällverlust in demselben bei 15000 Sekundenliter Turbinenbeaufschlagung 1,20 m, bei 10000 Sekundenliter 0,5 m und bei 6000 Sekundenliter 0,30 m beträgt. Die nutzbaren Gefälle bleiben alsdann mit Berücksichtigung der Verluste im Ausgleichsweiher und im Untergraben bei 15000 Sekundenliter Turbinenbeaufschlagung 10 m, bei 10000 Sekundenliter 11 m und bei 6000 Sekundenliter 11,3 m.

Aus den Wasserverhältnissen ergeben sich mit Berücksichtigung des Gefälles und der Gefällverluste die in nachfolgender Tabelle berechneten Kraftleistungen:

Name des Werkes	Anzahl der Tage	Wasserzufluß in Sekundenliter	Beaufschlagung der Turbinen in Sekundenliter	Rohgefälle in Meter	Gefällverluste im Ausgleichsweiher in Meter	Gefällverluste im Stollen in Meter	Gefällverluste i. Turbinen u. Untergraben i. Meter	Nettogefälle in Meter	Nutzeffekt in %	Kraftleistung im einzelnen PS.	Kraftleistung Anzahl d. Stunden	Kraftleistung in PS.-stunden
Wertherkotten	70	über 15000	15000	12	0,4	1,2	0,4	10	80	1600	18	2016000
	50	10700	$\frac{15000+10700}{2}$	„	0,4	1,2	0,4	10	„	1270	„	1143000
	60	8260	$\frac{10700+8260}{2}$	„	0,3	0,5	0,2	11	„	1112	„	1200060
	50	7060	$\frac{8260+7060}{2}$	„	0,3	0,5	0,2	11	„	898	„	808200
	60	6000	$\frac{7060+6000}{2}$	„	0,3	0,3	0,1	11,3	„	786	„	848880
	70	5650	$\frac{6000+5650}{2}$	„	0,3	0,3	0,1	11,3	„	700	„	882000
											Summe	6899040

Die gesamten Anlagekosten werden nach vorliegender Berechnung für die reine Wasserkraft ohne elektrische Einrichtungen 1200000 Mark betragen. Die Betriebskosten berechnen sich alsdann wie folgt:

1. Für Verzinsung 4,5% und Tilgung 0,7% des gesamten Anlagekapitals — 1200000 Mark zu 5,2% . . . . . = M. 62400

2. Erneuerung der Turbinen usw. 44000 Mark zu 3,5% . . . . . = „ 1540

3. Unterhaltung und Feuerversicherung:
   a) von Wasserbau ohne Grunderwerb 620000 Mark 0,5% . . . . . = „ 3000
   b) vom Hochbau 86000 Mark 1% . . = „ 860
   c) von den Turbinen mit Zubehör 44000 Mark 2,5% . . . . . = „ 1100

4. Bedienung:
   a) vom Wasserbau 620000 Mark zu 0,5% = „ 3100
   b) von den Turbinen . . . . . = „ 2800

5. Schmier- und Putzmaterial . . . . . = „ 580

6. Talsperrenbeitrag für 647 Sekundenliter Nutzwasser bei 11,0 mittlerem Gefälle = $\frac{647 \cdot 11{,}0}{75}$ 0,75 = 71 Nutzpferdekräfte à 120 Mark . . . . . = „ 8520

Summe der Betriebskosten der reinen Wasserkraft = M. 84000

Eine Pferdekraftstunde kostet demnach $\frac{84000 \cdot 100}{6899040}$ = **1,22 Pfg.**

Die Anlagekosten der elektrischen Einrichtungen mit Schaltanlage, Beleuchtung usw. betragen bei 3 Turbinen von je 550 PS. in Summa 1650 PS. à 70 Mark = M. 115500
Etwa 8 km Fernleitung à 4250 Mark . . = „ 34000
Transformierung mit Gebäude 1650 PS. à 8 Mk. = „ 13200
Verschiedenes . . . . . = „ 300
Summe = M. 162000

Die Betriebskosten derselben berechnen sich wie folgt:

1.	Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals 163000 Mark 5.2%	= M. 8476
2.	Erneuerung d. Einrichtung 163000 Mk. 3,5%	= „ 5705
3.	Unterhaltung und Versicherung 163000 Mark 2,5%	= „ 4075
4.	Bedienung	= „ 6000
5.	Schmier- und Putzmaterial	= „ 1744
	Summe	= M. 26000

Oben berechnete 6899040 PS.-Stunden ergeben am Schaltbrett 4600000 Kilowattstunden und bei 10% Verlust in Fernleitung und Transformierung 4140000 Kilowattstunden.

Die gesamten Betriebskosten betragen für reine Wasserkraft 84000 Mark und für elektrische Anlagen 26000 Mark, in Summe 110000 Mark. Eine Kilowattstunde elektrischer Energie kostet demnach an der Verwendungsstelle $\frac{110000 \cdot 100}{4140000} = 2{,}66$ **Pfg.**

II. Wasserkraftanlage zu Burg a. d. W.

Als zweites Werk könnte eine Wasserkraftanlage in Burg a. d. W. in Aussicht genommen werden. Zwischen dem Schaltkotten in Müngsten und dem Solinger Wasserwerk unterhalb Burg wird das Wuppergefälle zumteil gar nicht, zumteil in ungenügender Weise ausgenutzt. Die früheren Schleifkotten Anschlag- und Arnsbergerkotten sind abgebrannt, am Wiesenkotten wird eine Schleiferei zwar noch betrieben, sie kann indessen noch nicht den vierten Teil der vorhandenen Wassermenge gebrauchen und hat ein Wasserrad von 30% Nutzeffekt. Die Papierfabrik zu Burg hat zwar 2 moderne Turbinen von je 3000 Sekundenliter Beaufschlagung und kann mit ihrem Gefälle von 1,80 m bei vollem Wasser 108 PS. betreiben, sie ist indessen abhängig von dem unregelmäßigen Wasserzufluß vom Bergischen Elektrizitätswerk, das mit 2 Turbinen von je 6000 Sekundenliter Beaufschlagung arbeitet und infolge dessen zeitweise zu viel und zu anderen Zeiten zu wenig Wasser ablaufen läßt, da in dem großen Wehrbecken der Firma das Wasser angesammelt und stoßweise je nach dem Kraftbedarf des Werkes abgearbeitet wird.

Wegen des Fehlens eines Ausgleichsweihers kann deshalb die Papierfabrik das stoßweise ankommende Wasser nicht rationell verarbeiten, sodaß es zeitweise über das Wehr unbenutzt ablaufen muß. Unterhalb Burg wird durch eine Spinnerei und

Schleiferei ebenfalls nur ein kleiner Teil des Wassers verwertet. Durch die Anlage eines Ausgleichsweihers oberhalb Wiesenkotten würde zwar ein Teil der Uebelstände gehoben, der Weiher kann aber durch die vorhandenen Werke nicht rentabel gemacht werden.

Es würde sich deshalb empfehlen, die gesamten Gefälle zusammen zu fassen und die dadurch entstehende Wasserkraft in einem Werk auszunutzen. Mit diesem Werk könnte alsdann ein Ausgleichsweiher verbunden werden, der als hydraulischer Akkumulator wirkt und deshalb imstande ist, bei den größten Betriebsschwankungen und dem unregelmäßigen Zufluß einen vollständig gleichmäßigen Wasserablauf herzustellen. Gleichzeitig könnte man das durch den Eschbach der Wupper in Burg zufließende Wasser, das durch die Remscheider- und Neyetalsperre verstärkt wird, in einer solchen Höhe oberhalb Burg und unterhalb des Burger Elektrizitätswerks abfangen und vermittelst eines Stollens durch den anliegenden Berg dem projektierten Wehrbecken zuleiten, sodaß dadurch eine sehr erhebliche Verstärkung des Wasserzuflusses erreicht würde. Die Wassergerechtsame am Eschbach und der Wupper müssen alsdann natürlich erworben werden.

Außer der Solingertalsperre würden sämtliche Talsperren im Wuppergebiet ausgleichend auf das Betriebswasser des projektierten Werkes wirken und die Wassermenge in Niedrigwasserzeiten verstärken.

Das Projekt umfaßt eine Wehranlage oberhalb der Papierfabrik an einer günstigen Talenge, welche das Wasser so hoch aufstaut, daß der Rückstau bis zum Untergrabenausfluß des oberhalb liegenden Schaltkottens reicht.

Damit bei Hochwasser kein unzulässiger Rückstau entsteht, soll der obere Teil des Wehres mit einem Schwimmeraufsatz von 2 m Höhe versehen werden, der so eingerichtet ist, daß er bei höherem Wasserstand selbsttätig so viel heruntersinkt, daß der Wasserspiegel und der Rückstau niemals die zulässige Höhe überschreiten. Von diesem Wehrbecken aus wird das Wasser vermittelst eines Stollens dem unterhalb Burg liegenden Kraftwerk in solcher Weise zugeführt, daß der Stollen in ein Vorbecken mündet, von dem aus das Betriebswasser, nachdem es einen Reinigungs-Rechen passiert hat, die Turbinen betreibt. Aus dem Vorbecken kann der mitgeführte Schlamm oder das Eis durch eine Leerlaufkaskade in den Untergraben geleitet werden.

Das durch die Abwässer der großen Städte stark verunreinigte Wupperwasser wird in dem Wehrbecken, welches bei 3000 m Länge und 7 m Tiefe einen Inhalt von 800000 cbm hat, eine selbsttätige Reinigung erfahren, indem der Schlamm sich absetzt und bei der großen Tiefe des Beckens so viel Ablagerungsraum vorfindet, daß in absehbaren Zeiten keine Reinigung desselben nötig ist.

Die Wasserhöhe am Untergrabenausfluß des Schaltkottens ist 98,6 m N. N., diejenige oberhalb des Wehres am Solinger Wasserwerk 87,6 m, es entsteht demnach ein Rohgefälle von 11 m. Die Gefälleverluste betragen bei einer Turbinenbeaufschlagung von 15000 Sekundenliter, durch Abarbeiten des Ausgleichsweihers 0,3 m, in den Stollen 0,3 m und in den Turbinen mit Untergraben 0,4 m, in Summa 1 m, bei 10000 Sekundenliter Turbinenbeaufschlagung 0,3+0,2+0,2 = 0,7 m und bei 7000 Sekundenliter 0,2+0,2+0,1 = 0,5 m. Für die Wasserkraftausnutzung kann man demnach bei 15000 Sekundenliter Turbinenbeaufschlagung auf 10 m und bis zu 6300 Sekundenliter abnehmend auf 10,5 m nutzbares Gefälle rechnen.

Aus den Wasserverhältnissen ergeben sich mit Berücksichtigung des Gefälles und der Gefällverluste die in nachfolgender Tabelle berechneten Kraftleistungen:

Name des Werkes	Anzahl der Tage	Wasserzufluß in Sekundenliter	Beaufschlagung der Turbinen in Sekundenliter	Rohgefälle in Meter	Gefällverluste im Ausgleichsweiher in Meter	Gefällverluste im Stollen in Meter	Gefällverluste i. Turbinen u. Untergraben i. Meter	Nettogefälle in Meter	Nutzeffekt in %	Kraftleistung im einzelnen PS.	Kraftleistung Anzahl d. Stunden	Kraftleistung in PS.-stunden
Burg a. W.	105	über 15000	15000	11	0,3	0,3	0,4	10	80	1600	18	3024000
	40	11800	$\frac{15000+11800}{2}$	„	0,3	0,3	0,3	10,1	„	1440	„	1136800
	85	8800	$\frac{11800+8800}{2}$	„	0,2	0,2	0,2	10,4	„	1142	„	1747260
	60	7000	$\frac{8800+7000}{2}$	„	0,2	0,2	0,1	10,5	„	885	„	955800
	70	6300	$\frac{7000+6300}{2}$	„	0,2	0,2	0,1	10,5	„	744	„	937440
											Summe	7801300

Die Anlagekosten für die reine Wasserkraft ohne elektrische Einrichtungen betragen nach vorliegender Berechnung 870000 Mark. Die Betriebskosten berechnen sich alsdann:

1. Für Verzinsung und Tilgung von 870000 M. Anlagekapital 5,2% . . . . . = M. 45240
2. Erneuerung d. Turbinen von 44000 M. 3,5% = „ 1540
3. Unterhaltung etc. von 440000 M. Wasserbau 0,5% . . . . . = „ 2200
   von 86000 M. Hochbau 1% . . . . . = „ 860
   „ 44000 „ Turbinen 2,5% . . . . = „ 1100
4. Bedienung von 440000 M. Wasserbau 0,5% = „ 2200
   „ den Turbinen . . . . . = „ 2800
5. Schmier- und Putzmaterial . . . . . = „ 1020
6. Talsperrenbeitrag für 647 Sekundenliter Nutzwasser mit einem mittleren Gefälle von 10,3 m $= \frac{647 \cdot 10,3}{75} \cdot 0,75 = 67$ Nutzpferdekräfte à 1200 M. . . . . = „ 8040

Summe M. 65000

Eine Pferdekraftstunde kostet demnach $\frac{65000 \cdot 100}{7801300} = 0,83$ Pfg.

Die Anlage- und Betriebskosten der elektrischen Einrichtungen mit Fernleitung und Transformation sind genau wie beim oberhalb liegenden Werk am Wertherkotten anzunehmen. Oben berechnete 7801300 PS.-Stunden ergeben am Schaltbrett 5200000 Kilowattstunden und bei 10% Verlust in Fernleitung und Transformierung 4680000 Kilowattstunden.

Die gesamten Betriebskosten betragen 65000 + 26000 = 91000 Mark. Eine Kilowattstunde elektrischer Energie kostet demnach an der Verwendungsstelle $\frac{91000 \cdot 100}{4680000} = 1,95$ Pfg.

III. Wasserkraftanlage oberhalb Leichlingen.

Zwischen dem Solinger Wasserwerk in Glüder und der Römerschen Fabrik in Leichlingen wird die Wasserkraft der Wupper durch 9 untereinander liegende Schleifkotten in sehr minderwertiger Weise ausgenutzt. Es sind meistens ein oder an einigen Kotten auch 2 unterschlächtige Wasserräder von höchstens 25% Nutzeffekt in Betrieb, die nur einen geringen Teil der zur Verfügung stehenden Wassermengen der Wupper gebrauchen.

Diese Wupperstrecke hat die günstigsten Wasserverhältnisse, da sämtliche Talsperren im Wuppergebiet ihre aufgespeicherten Hochwasser hier zu den Niedrigwasserzeiten zum Abfluß bringen. Es würde sich deshalb empfehlen, sämtliche Wassergerechtsame der Schleifkotten zu erwerben und die gesamten Gefälle zusammengefaßt an einer Stelle zu verwerten. Um den Schleifern, die in den Gehöften der näheren Umgebung des Wuppertales wohnen, ihre Arbeitsstellen zu erhalten, würde man an einigen passend gelegenen Stellen Werkstätten errichten können, die von dem Wasserkraftwerk durch elektrische Kraftübertragung zu einem ganz geringen, fast Selbstkostenpreise betrieben werden. In einzelnen Fällen können die vorhandenen Anlagen bestehen bleiben und nur die Wasserräder fortfallen, an deren Stelle alsdann Elektromotore treten würden. In nachfolgender Kalkulation soll wegen der einfachern Berechnung angenommen werden, die Wassergerechtsame der Kotten würden für eine runde Summe angekauft.

Wegen der größeren Gehöfte und Ortschaften im unteren Tale ist nur die Wupperstrecke zwischen Balkhausen und Wupperhof geeignet zur Anlage eines Sammelbeckens. Man würde deshalb direkt oberhalb Wupperhof durch einen Damm mit Wehranlage ein großes Sammelbecken von ca. 350000 qm Wasseroberfläche schaffen können, welches in den oberen 2 m der Aufstauung 700000 cbm Wasser zur hydraulischen Akkumulierung der Kraftanlage zur Verfügung hat und deshalb geeignet ist, die größten Schwankungen im Wasserzufluß auszugleichen. Von diesem Sammelbecken aus kann das Betriebswasser für ein Kraftwerk durch einen 6000 m langen Stollen nach Unterberg, oberhalb des Römerschen Wehrs in Leichlingen, geleitet werden. Der Stollen endet hier an einem steilen Bergabhang in der Nähe der Wupper in eine Druckkammer mit Steigeschacht, von dem aus eiserne Zuleitungsrohre für die Turbinen des Kraftwerks angelegt werden können.

Das Elektrizitätswerk kann alsdann zwischen Berg und Chausee so erbaut werden, daß nur ein kurzer Untergraben nötig ist. Für den Fall, daß ein ungleichmäßiger Wasserverbrauch des Elektrizitätswerks etwa bei Eisenbahnbetrieb vorkommt, kann ein kleiner Ausgleichsweiher zwischen Werk und Wupper angelegt werden, der so eingerichtet ist, daß trotz ungleichmäßigem Zuflusse von den Turbinen durch ein Regulierwerk ein gleichmäßiger Abfluß in die Wupper erreicht wird.

Die Stauhöhe im Sammelbecken ist . . 80 m N. N.
Die Wupperhöhe oberhalb Leichlingen ist 59 m N. N.
Es ist also ein Rohgefälle vorhanden von 21 m

Für Abarbeiten des Sammelbeckens kann bei einer Turbinenbeaufschlagung von 15000 Sekundenliter 0,4 m, bei 10000 Sekundenliter 0,3 m und bei 7000 Sekundenliter 0,2 m angenommen werden. Der Gefällverlust in dem 6000 m Stollen für die Zuleitung des Betriebswassers zu dem Kraftwerk ist bei 15000 Sekundenliter Turbinenbeaufschlagung 3,5 m, bei 10000 Sekundenliter 1,6 m und bei 7000 Sekundenliter 0,9 m, der Gefällverlust im Kraftwerk und Untergraben 0,6 abnehmend bis 0,5 m.

Aus den Wasserverhältnissen ergeben sich mit Berücksichtigung des Gefälles und der Gefällverluste die in nachfolgender Tabelle berechneten Kraftleistungen:

Name des Werkes	Anzahl der Tage	Wasserzufluß in Sekundenliter	Beaufschlagung der Turbinen in Sekundenliter	Rohgefälle in Meter	Gefällverluste im Ausgleichsweiher in Meter	Gefällverluste im Stollen in Meter	Gefällverluste i. Turbinen u. Untergraben i. Meter	Nettogefälle in Meter	Nutzeffekt in %	Kraftleistung im einzelnen PS.	Kraftleistung Anzahl d. Stunden	Kraftleistung in PS.-stunden
Kraftwerk Leichlingen	110	15000	15000	21	0,4	3,5	0,6	16,5	80	2640	18	5227200
	35	12000	$\frac{15000+12000}{2}$	„	0,4	2,5	0,6	17,5	„	2520	„	1587600
	85	9100	$\frac{12000+9100}{2}$	„	0,3	1,6	0,6	18,5	„	2080	„	3182400
	60	7500	$\frac{9100+7500}{2}$	„	0,2	1,3	0,5	19	„	1680	„	1814400
	70	6900	$\frac{7500+6900}{2}$	„	0,2	0,9	0,5	19,4	„	1488	„	1874880
											in Summe	13686480 PS.-Stunden

Die Anlagekosten für die reine Wasserkraft ohne elektrische Einrichtungen betragen nach vorliegender Berechnung 2100000 Mark. Die Betriebskosten berechnen sich alsdann:

1. Für Verzinsung u. Tilgung von 2100000 M. Anlagekapital 5,2% . . . . . = M. 109200
2. Erneuerung und Unterhaltung der Turbinen 80000 M. zu 3,5+2,5 = 6% . . . . = „ 4800

3. Unterhaltung und Bedienung der Wasserkraftanlagen 1340000 M. 1% . . . . . = „ 13400
Unterhaltung der Hochbauten 90000 M. 1% = „ 900
4. Bedienung der Turbinen . . . . . = „ 2800
5. Schmier- und Putzmaterial . . . . . = „ 1500
6. Talsperrenbeitrag für 647 Sekundenliter Nutzwasser mit einem mittleren Gefälle von 18,5 m $= \frac{647 \cdot 18{,}5}{75} \cdot 0{,}75 = 120$
Nutzpferdekräfte à 120 M. . . . . = „ 14400
Summe der Betriebskosten der reinen Wasserkraft = M. 147000

Eine Pferdekraftstunde kostet demnach $\frac{147000 \cdot 100}{13686480}$ = **1,08 Pfg.**

Die Anlage- und Betriebskosten der elektrischen Einrichtungen mit Fernleitung und Transformation sind ähnlich wie bei den oberhalb liegenden Werken, und zwar betragen die Anlagekosten für die elektrische Einrichtung des Krafthauses bei 3 Turbinen à 900 PS. = 2700 · 70 Mark . . . = M. 189000
Die Fernleitung bei 10 km Länge à 4250 M. = „ 42500
Die Transformierung . . . . . = „ 18500
in Summe M. 250000

Dis Betriebskosten für die elektrischen Einrichtungen sind demnach:

1. Für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals 250000 M. 5,2% . . . . . = M. 13000
2. Erneuerung und Unterhaltung 3,5+2,5=6% = „ 15000
3. Bedienung . . . . . = „ 6000
4. Schmier- und Putzmaterial . . . . . = „ 2000
in Summe M. 36000

Oben berechnete 13686480 PS.-Stunden ergeben am Schaltbrett 9120000 Kilowattstunden und bei 10% Verlust in Fernleitung und Transformierung 8200000 Kilowattstunden. Die gesamten Betriebskosten betragen für reine Wasserkraft 147000 Mark, für elektrische Anlagen 36000 Mark, in Summa also 183000 Mark. Eine Kilowattstunde elektrischer Energie kostet demnach an der Verwendungsstelle $\frac{183000 \cdot 100}{8200000}$ = **2,23 Pfg.**

Aus obigen Berechnungen der drei Kraftwerke geht hervor, daß die Betriebskosten wesentlich geringer sind als diejenigen von gleich großen Dampfanlagen, da eine Kilowattstunde, durch

Dampfkraft erzeugt, an der Verwendungsstelle nicht unter 4 Pfg. herzustellen ist. Es wird allerdings dabei vorausgesetzt, daß die verfügbaren Wasserkräfte voll verwertet werden können, da bei nur teilweiser Verwertung die Betriebskosten in voller Höhe bestehen bleiben und dadurch der Preis einer Kilowattstunde erhöht wird.

Eine solche volle Verwertung der Wasserkräfte ist am besten zu erreichen, wenn ein großes Industrie- oder Elektrizitätswerk die gesamten Kräfte in das Leitungsnetz übernimmt und Brennstoffe damit erspart. Da die Brennstoffkosten bei den besten Dampfanlagen mindestens 1,5 Pfg. pro Pferdekraftstunde betragen, so kann man bei dem durchschnittlichen Kostenpreis einer Pferdekraftstunde obiger Wasserkraftanlagen von 1,03 Pfg., also 0,47 Pfg. und bei insgesamt 28400000 PS.-Stunden jährlich 130000 Mark ersparen.

Wenn vorstehend beschriebene Wasserkraftanlagen zur Elektrisierung der Staatseisenbahnen Verwendung finden sollten, so würde zur Ladung der Akkumulatoren für die Betriebswagen ebenfalls eine volle Ausnutzung der verfügbaren Wasserkräfte ermöglicht werden können, und es würden im Vergleich mit Dampfanlagen dieselben Ersparnisse erzielt werden.

Bei einer direkten Verwendung der elektrischen Energie zum Eisenbahnbetrieb, ohne Akkumulatoren, entweder durch Drehstrom oder Gleichstrom mit Oberleitung, würde eine vollständige Gleichmäßigkeit in dem täglichen Energieverbrauch eintreten und ein Dampfwerk geschaffen werden müssen, das die fehlenden Wasserkräfte in Niedrigwasserzeiten ersetzt.

Die größte Kraftleistung der drei Wasserkraftwerke beträgt bei 15000 Sekundenliter Beaufschlagung der Turbinen 1600+1600+2640=5840 PS., die geringste 700+740+1480=2920 PS. Es müßte demnach Dampfersatz für 2880 PS. angelegt werden. Die jährliche Gesamtkraftleistung berechnet sich zu 5840 · 18 · 360=37843200 PS.-Stunden. Die drei Wasserkraftwerke leisten nach obigen Berechnungen in Summa 6899040 + 7801300 + 13686480 = 28386820 PS.-Stunden. Der Dampfersatz müßte demnach 9456380 PS.-Stunden leisten. Die Kosten einer effektiven Dampfpferdekraftstunde können bei vollkommenen Anlagen zu 2,5 Pfg. angenommen werden.

Die berechneten 9456280 PS.-Stunden Dampfkraft haben demnach jährliche Betriebskosten von $\frac{9456380}{100} \cdot 2{,}5$ = M. 236400

die drei Wasserkraftwerke degegen nach obigen Berechnungen 84000+65000+147000 . . . . = M. 296000

Summe M. 532400

Bei der Gesamtkraftleistung von 37843200 PS.-Stunden kostet demnach 1 PS.-Stunde $= \frac{532400 \cdot 100}{37843200} = 1{,}40$ Pfg. Gegen die Kosten der Dampfpferdekraftstunde von 2,5 Pfg. werden also erspart 1,10 Pfg., oder jährlich rund **400000 Mark.**

Für diese Wasserkraftanlagen ist noch von großer Bedeutung, daß sie eine fast ewige Dauer haben, das Wasser behält immer seine Kraft, und wenn die Anlagekosten nach etwa 60 Jahren getilgt sind — auch die Talsperrenkosten fallen dann ganz weg — dann bleiben so geringe Betriebskosten, daß keine andere Kraftquelle damit verglichen werden kann. Jede andere Kraftquelle gebraucht Materialien zu ihrer Erzeugung, die hier ganz wegfallen. Man sollte deshalb nicht zögern, sich diese Naturkraft nutzbar zu machen.

12. Die Landwirtschaft im Wuppergebiet.

Die Landwirtschaft im Flußgebiete der Wupper hat sich, wie es natürlich ist, dem bergigen Charakter des Landes anpassen müssen. Der an den Abhängen kärgliche Lehm- und Ackerboden ist wenig geeignet zum Wachstum und Gedeihen der Körnerfrüchte, es ist vielmehr vorzugsweise Viehzucht, die hier rationelle Verwendung finden kann.

Auf den flacheren Partien der Quellgebiete der Bäche finden wir daher meistens Weiden und Wiesen und nur so viel Kartoffel, Roggen und Hafer, wie zur Bewirtschaftung des Gutes notwendig ist.

Die steileren Abhänge sind meistens bewaldet, vielmehr mit kleinerem Busch und Gestrüpp bewachsen, da eigentlicher Wald nur vereinzelt vorkommt.

Die Täler enthalten meistens recht gute Wiesen, da die Ergiebigkeit der Niederschläge eine gute Bewässerung ermöglicht. In verschiedenen Tälern sind mit Hilfe der Generalkommissionen die sehr parzellierten Wiesenflächen zusammen gelegt worden, um eine rationellere Bewirtschaftung zu ermöglichen.

Die Grundflächen sind außerordentlich parzelliert und in sehr viele kleine Gehöfte geteilt, aber die Nähe der Industriestädte bewirkt, daß die kleinen Gutsbesitzer ihre Erzeugnisse zu guten Preisen absetzen können, sodaß ihre Existenz

trotz der kleinen Güter, allerdings durch harte eigene Tätigkeit, gesichert ist.

Die Landwirtschaft des Bergischen Landes ist deshalb mit der Industrie an dem Fortbestand langfristiger Handelsverträge außerordentlich interessiert und hat keinen Vorteil von Zöllen auf landwirtschaftliche Erzeugnisse.

Zur Wiederbewaldung der vielen dürftigen Buschflächen an den Abhängen und Höhen hat der Fiskus in dankenswerter Weise den Anfang gemacht, indem er allmählich die Oedländereien ankauft, um sie rationell zu bewalden. Auch haben einzelne Private und Städte reiche Geldmittel dazu verwendet, um erhebliche Flächen zur Bewaldung anzukaufen. Vor allen haben die Firma Joh. Wülfing & Sohn, der verstorbene Kommerzienrat Arnold Hardt und Herr Kommerzienrat Fritz Hardt in Lennep große Flächen zur Wiederbewaldung erworben und teilweise sehr schöne Waldpartien geschaffen.

13. Schlußbetrachtung.

Wenn ich hiermit die Ergebnisse meiner langjährigen Beobachtungen auf dem Gebiete der Meteorologie und Hydrotechnik der Oeffentlichkeit übergebe, so bin ich mir wohl bewußt, daß wie alles Menschliche auch diese Arbeit noch viel Unvollkommenes bietet.

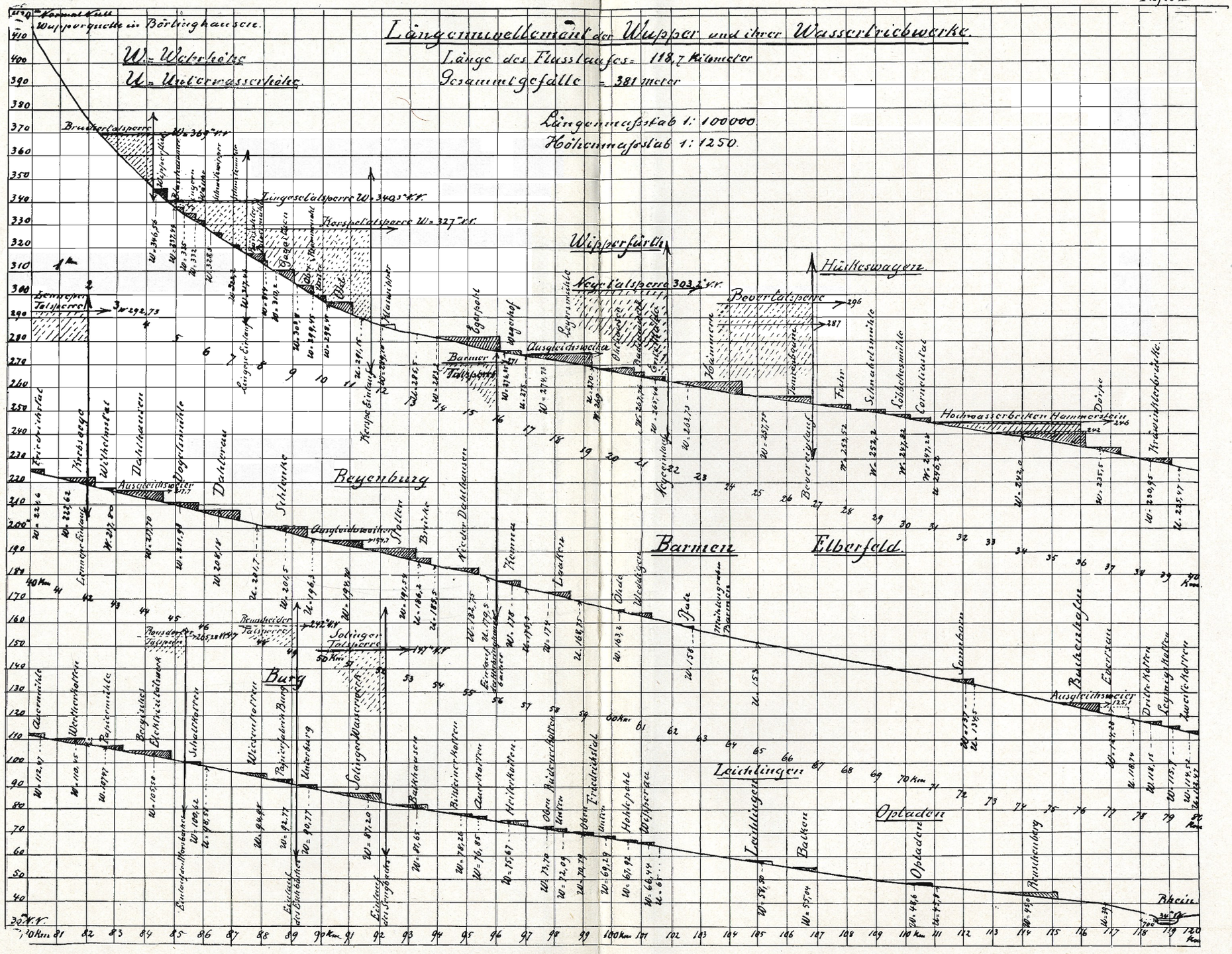
Andererseits glaubte ich aber, die immerhin nützlichen Resultate der Untersuchungen und Erfahrungen der Wassertechnik nicht vorenthalten zu dürfen, da nicht immer und überall sich die Gelegenheit bietet, solche langjährigen Beobachtungen machen zu können. Können doch die Beobachtungen und Resultate der Wassermengen für die gleichartigen Flußgebiete wie Ruhr und Sieg direkt benutzt werden und für diejenigen, die andere meteorologische und geognostische Verhältnisse haben, Gelegenheit bieten, durch Vergleiche zu richtigen wassertechnischen Resultaten zu kommen.

Lennep, im Oktober 1912.

Albert Schmidt.

Tafel I
Das Flussgebiet der Wupper.
Fläche des gesammten Niederschlagsgebietes
620,5 Quadratkilometer.
Ruhrgebiet
Wasserscheide
Elberfeld
Barmen
Schwelm
Beyenburg
Ronsdorf
Cronenberg
Lüttringhausen
Dahlhausen
Radevormwald
Lennep
Remscheid
Solingen
Jttergebiet
Burg
Wermelskirchen
Wipperfürth
Kerspetalsperre
Kierspe
Aggergebiet
Leichlingen
Pattscheid
Burscheid
Opladen
Hitdorf
Dhünngebiet
Norden
Süden
Massstab 1: 100000

Tafel II



Längennivellement der Wupper und ihrer Wassertriebwerke.
Länge des Flusslaufes = 118,7 Kilometer
Gesammtgefälle = 381 meter
Längenmaßstab 1: 100000
Höhenmaßstab 1: 1250.
W = Wehrhöhe
U = Unterwasserhöhe
Wupperquelle in Börlinghausen.
Wipperfürth
Hückeswagen
Bevertalsperre
Neyetalsperre
Ausgleichsweiher
Hochwasserbecken Hammerstein
Reyenburg
Barmen
Elberfeld
Burg
Leichlingen
Opladen
Rhein

Tafel III

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1882.

1662 mm Niederschlag = 11,2 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 7,80 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

66 cbm p S.

0	Tage	unter	1	cbm		
16	„	1	bis 2	cbm	pro	Secunde
28	„	2	„ 3	„	„	„
99	„	3	„ 4	„	„	„
80	„	4	„ 5	„	„	„
25	„	5	„ 6	„	„	„
23	„	6	„ 7	„	„	„
15	„	7	„ 8	„	„	„
15	„	8	„ 9	„	„	„
7	„	9	„ 10	„	„	„
27	„	10	„ 15	„	„	„
14	„	15	„ 20	„	„	„
8	„	20	„ 30	„	„	„
8	„	über	30	„	„	„
365	Tage.					

cbm pro Secunde

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
77,5 m/m	124,0 m/m	114,0 m/m	98,0 m/m	96,0 m/m	232,0 m/m	112,0 m/m	189,0 m/m	106,0 m/m	70,5 m/m	231,50 m/m	212,0 m/m

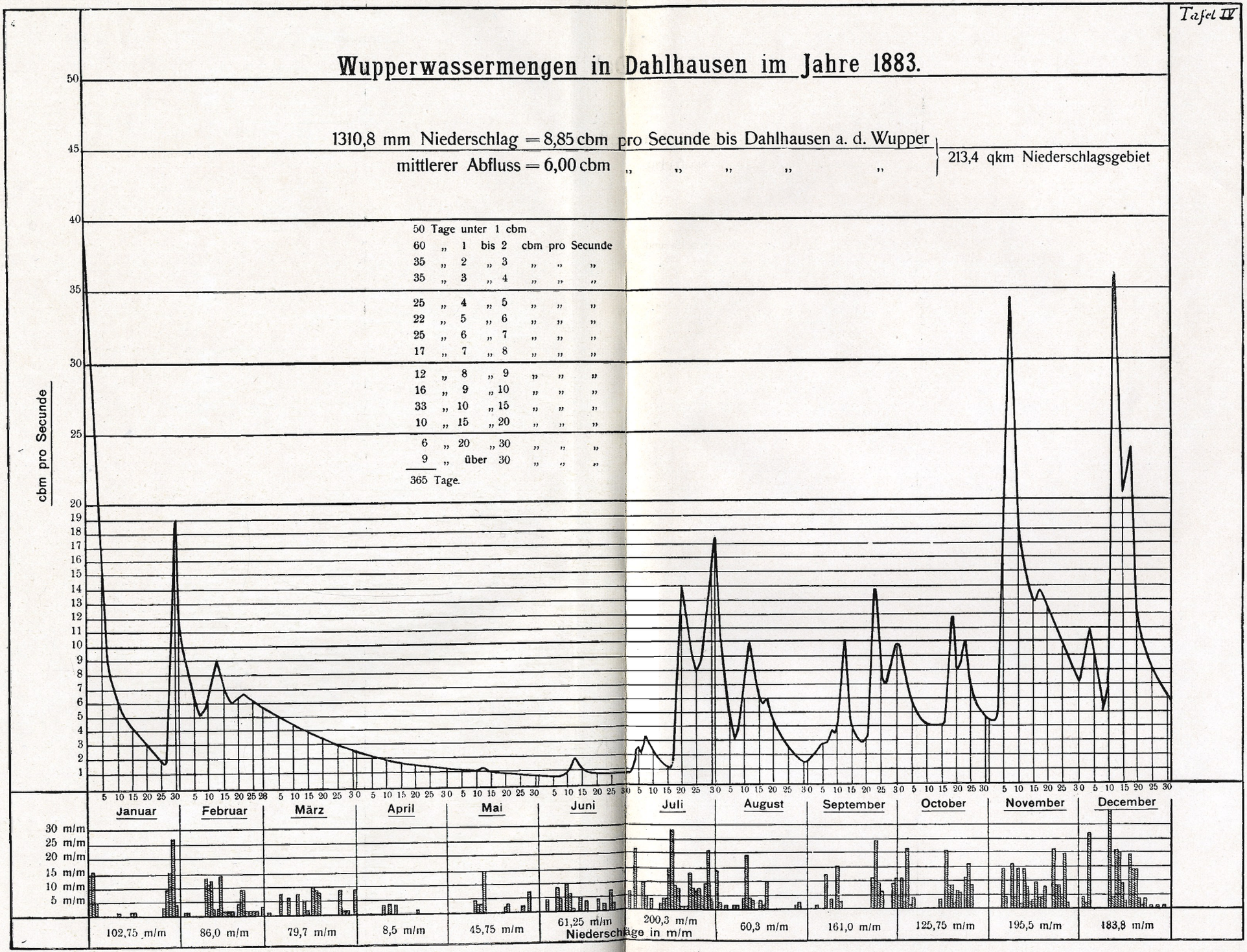
Niederschläge in m/m

Tafel IV

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1883.

1310,8 mm Niederschlag = 8,85 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 6,00 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

50	Tage	unter	1	cbm		
60	„	1	bis 2	cbm	pro	Secunde
35	„	2	„ 3	„	„	„
35	„	3	„ 4	„	„	„
25	„	4	„ 5	„	„	„
22	„	5	„ 6	„	„	„
25	„	6	„ 7	„	„	„
17	„	7	„ 8	„	„	„
12	„	8	„ 9	„	„	„
16	„	9	„ 10	„	„	„
33	„	10	„ 15	„	„	„
10	„	15	„ 20	„	„	„
6	„	20	„ 30	„	„	„
9	„	über	30	„	„	„
365	Tage.					



Tafel V

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1884.

1273 mm Niederschlag = 8,60 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,70 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

74 cbm p S. 100 cbm p. S.

30	Tage	unter	0,5	cbm
62	Tage	unter	1	cbm
52	„	1 bis	2	cbm pro Secunde
47	„	2 „	3	„ „ „
26	„	3 „	4	„ „ „
22	„	4 „	5	„ „ „
28	„	5 „	6	„ „ „
32	„	6 „	7	„ „ „
9	„	7 „	8	„ „ „
8	„	8 „	9	„ „ „
4	„	9 „	10	„ „ „
25	„	10 „	15	„ „ „
2	„	15 „	20	„ „ „
11	„	20 „	30	„ „ „
8	„	über	30	„ „ „
366	Tage.			

cbm pro Secunde

Januar Februar März April Mai Juni Juli August September October November December

30 m/m
25 m/m
20 m/m
15 m/m
10 m/m
5 m/m

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
171,65 m/m	64,50 m/m	42,5 m/m	14,8 m/m	89,0 m/m	46,2 m/m	116,8 m/m	52,85 m/m	88,7 m/m	171,0 m/m	77,70 m/m	336,75 m/m

Niederschläge in m/m

Tafel VI.

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1885.

1090,35 mm Niederschlag = 7,20 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,00 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

70 cbm p. S. 70 cbm p. S. 55 cbm p. S.

cbm pro Secunde

22 Tage	unter 0,5 cbm
60 „	0,5 bis 1 cbm pro Secunde
58 „	1 „ 2 „ „ „
70 „	2 „ 3 „ „ „
22 „	3 „ 4 „ „ „
50 „	4 „ 5 „ „ „
23 „	5 „ 6 „ „ „
10 „	6 „ 7 „ „ „
8 „	7 „ 8 „ „ „
7 „	8 „ 9 „ „ „
5 „	9 „ 10 „ „ „
14 „	10 „ 15 „ „ „
5 „	15 „ 20 „ „ „
4 „	20 „ 30 „ „ „
7 „	über 30 „ „ „
365 Tage.	

Januar Februar März April Mai Juni Juli August September October November December

30 m/m
25 m/m
20 m/m
15 m/m
10 m/m
5 m/m

62,2 m/m | 84,75 m/m | 61,2 m/m | 47,1 m/m | 104,8 m/m | 68,5 m/m | 21,0 m/m | 81,0 m/m | 150,2 m/m | 217,8 m/m | 134,8 m/m | 57,0 m/m

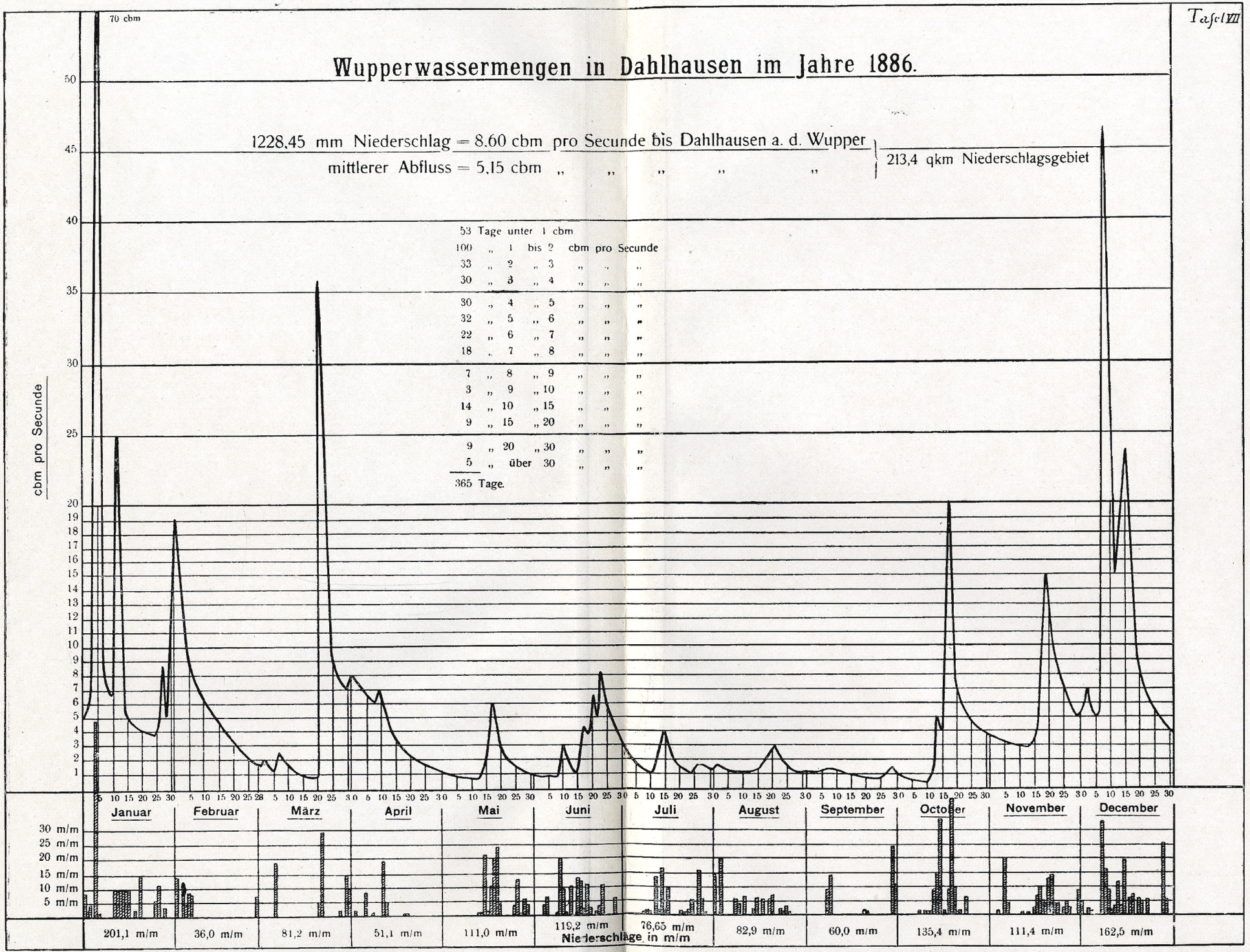
Niederschläge in m/m

Tafel VII

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1886.

1228,45 mm Niederschlag = 8,60 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,15 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

53	Tage	unter 1	cbm	
100	„	1 bis 2	cbm	pro Secunde
33	„	2 „ 3	„	„
30	„	3 „ 4	„	„
30	„	4 „ 5	„	„
32	„	5 „ 6	„	„
22	„	6 „ 7	„	„
18	„	7 „ 8	„	„
7	„	8 „ 9	„	„
3	„	9 „ 10	„	„
14	„	10 „ 15	„	„
9	„	15 „ 20	„	„
9	„	20 „ 30	„	„
5	„	über 30	„	„
365	Tage.			



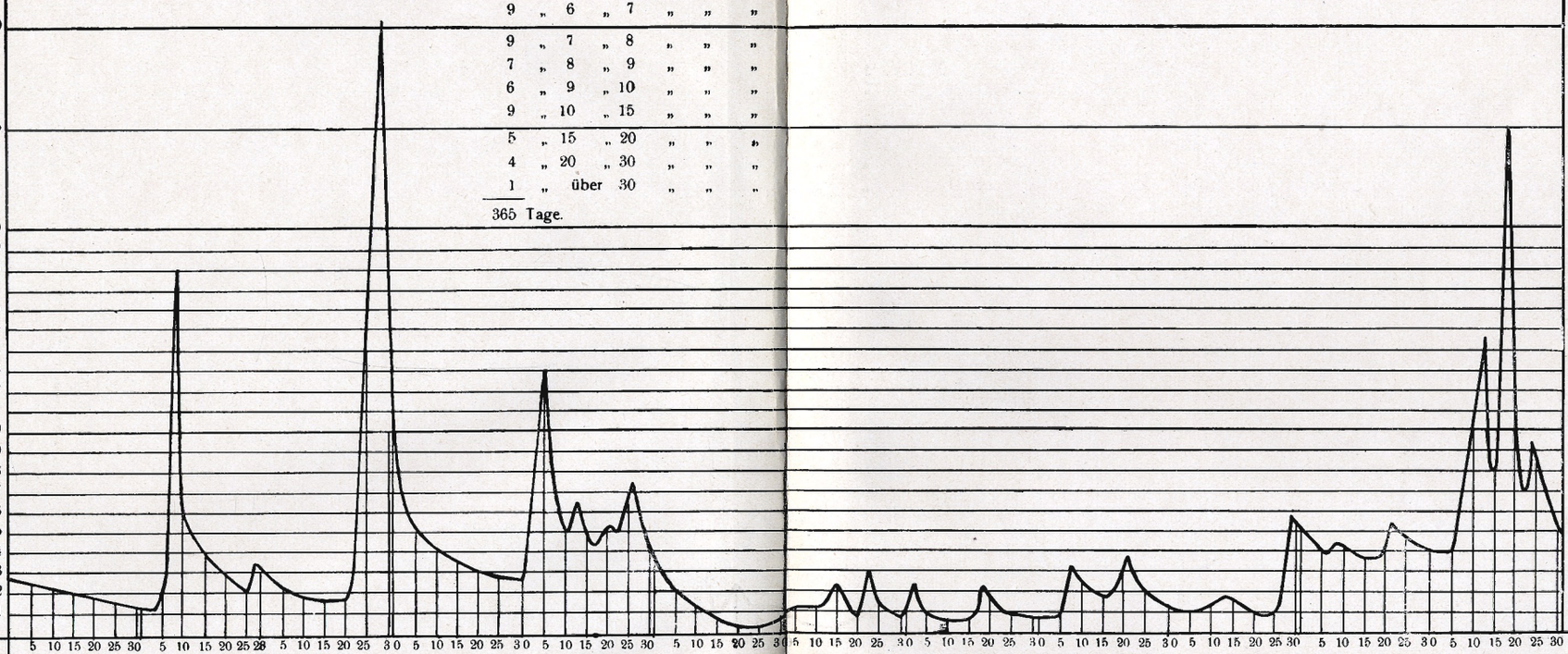
Tafel VIII

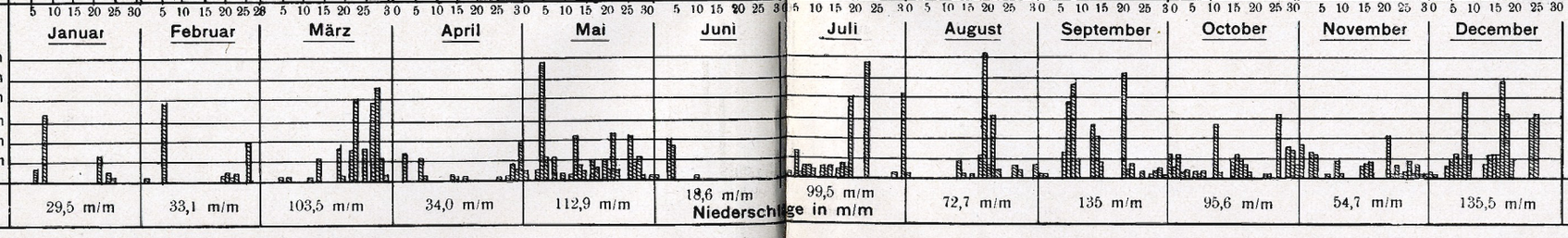
Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1887.

924,4 mm Niederschlag = 6,24 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 4,20 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

10	Tage	unter 0,5	cbm		
60	Tage	unter 1	cbm		
110	„	1	bis 2	cbm pro	Secunde
44	„	2	„ 3	„ „	„
27	„	3	„ 4	„ „	„
45	„	4	„ 5	„ „	„
19	„	5	„ 6	„ „	„
9	„	6	„ 7	„ „	„
9	„	7	„ 8	„ „	„
7	„	8	„ 9	„ „	„
6	„	9	„ 10	„ „	„
9	„	10	„ 15	„ „	„
5	„	15	„ 20	„ „	„
4	„	20	„ 30	„ „	„
1	„	über	30	„ „	„
365	Tage.				

cbm pro Secunde





Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
29,5 m/m	33,1 m/m	103,5 m/m	34,0 m/m	112,9 m/m	18,6 m/m	99,5 m/m	72,7 m/m	135 m/m	95,6 m/m	54,7 m/m	135,5 m/m

Niederschläge in m/m

133,0 cbm p. S.

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1888.

1323,1 mm Niederschlag = 8,93 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 6,59 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

5	Tage	unter 0,5	cbm
21	Tage	unter 1	cbm
52	„	1 bis 2	cbm pro Secunde
48	„	2 „ 3	„ „ „
24	„	3 „ 4	„ „ „
25	„	4 „ 5	„ „ „
49	„	5 „ 6	„ „ „
41	„	6 „ 7	„ „ „
20	„	7 „ 8	„ „ „
11	„	8 „ 9	„ „ „
9	„	9 „ 10	„ „ „
35	„	10 „ 15	„ „ „
10	„	15 „ 20	„ „ „
8	„	20 „ 30	„ „ „
8	„	über 30	„ „ „
366	Tage.		

cbm pro Secunde

Januar | Februar | März | April | Mai | Juni | Juli | August | September | October | November | December

30 m/m
25 m/m
20 m/m
15 m/m
10 m/m
5 m/m

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
91,5 m/m	88,7 m/m	218,1 m/m	75,2 m m	27,4 m/m	104,1 m/m	239,8 m/m	109,7 m/m	65,4 m/m	137,4 m/m	118,0 m/m	47,8 m/m

Niederschläge in m/m

59 cbm p. S.

Tafel X.

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1889.

1134,35 mm Niederschlag = 7,66 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,75 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

49	Tage	unter	1	cbm	
38	„	1	bis 2	cbm	pro Secunde
48	„	2	„ 3	„	„
54	„	3	„ 4	„	„
48	„	4	„ 5	„	„
25	„	5	„ 6	„	„
18	„	6	„ 7	„	„
16	„	7	„ 8	„	„
12	„	8	„ 9	„	„
10	„	9	„ 10	„	„
22	„	10	„ 15	„	„
11	„	15	„ 20	„	„
10	„	20	„ 30	„	„
4	„	über	30	„	„
365	Tage.				

cbm pro Secunde

50 45 40 35 30 25 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
59,4 m/m	112,9 m/m	73,6 m/m	39,5 m/m	77,9 m/m	81,1 m/m	153,1 m/m	165.9 m/m	126,3 m/m	54,0 m/m	54,15 m/m	136,5 m/m

30 m/m 25 m/m 20 m/m 15 m/m 10 m/m 5 m/m

Niederschläge in m/m

Tafel XI

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1890.

1293,25 mm Niederschlag = 8,73 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,72 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

200 cbm
1,90 m über Wehrkrone

7	Tage	unter	0,50	cbm
18	„	0,5	bis 1	cbm pro Secunde
56	„	1	„ 2	„ „ „
54	„	2	„ 3	„ „ „
50	„	3	„ 4	„ „ „
40	„	4	„ 5	„ „ „
40	„	5	„ 6	„ „ „
22	„	6	„ 7	„ „ „
20	„	7	„ 8	„ „ „
10	„	8	„ 9	„ „ „
7	„	9	„ 10	„ „ „
19	„	10	„ 15	„ „ „
10	„	15	„ 20	„ „ „
10	„	20	„ 30	„ „ „
2	„	über	30	„ „ „
365	Tage.			

cbm pro Secunde

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
192,5 m/m	6,0 m/m	61,0 m/m	98,0 m/m	76,95 m/m	93,5 m/m	149,0 m/m	162,7 m/m	16,3 m/m	166,5 m/m	264,85 m/m	5,6 m/m

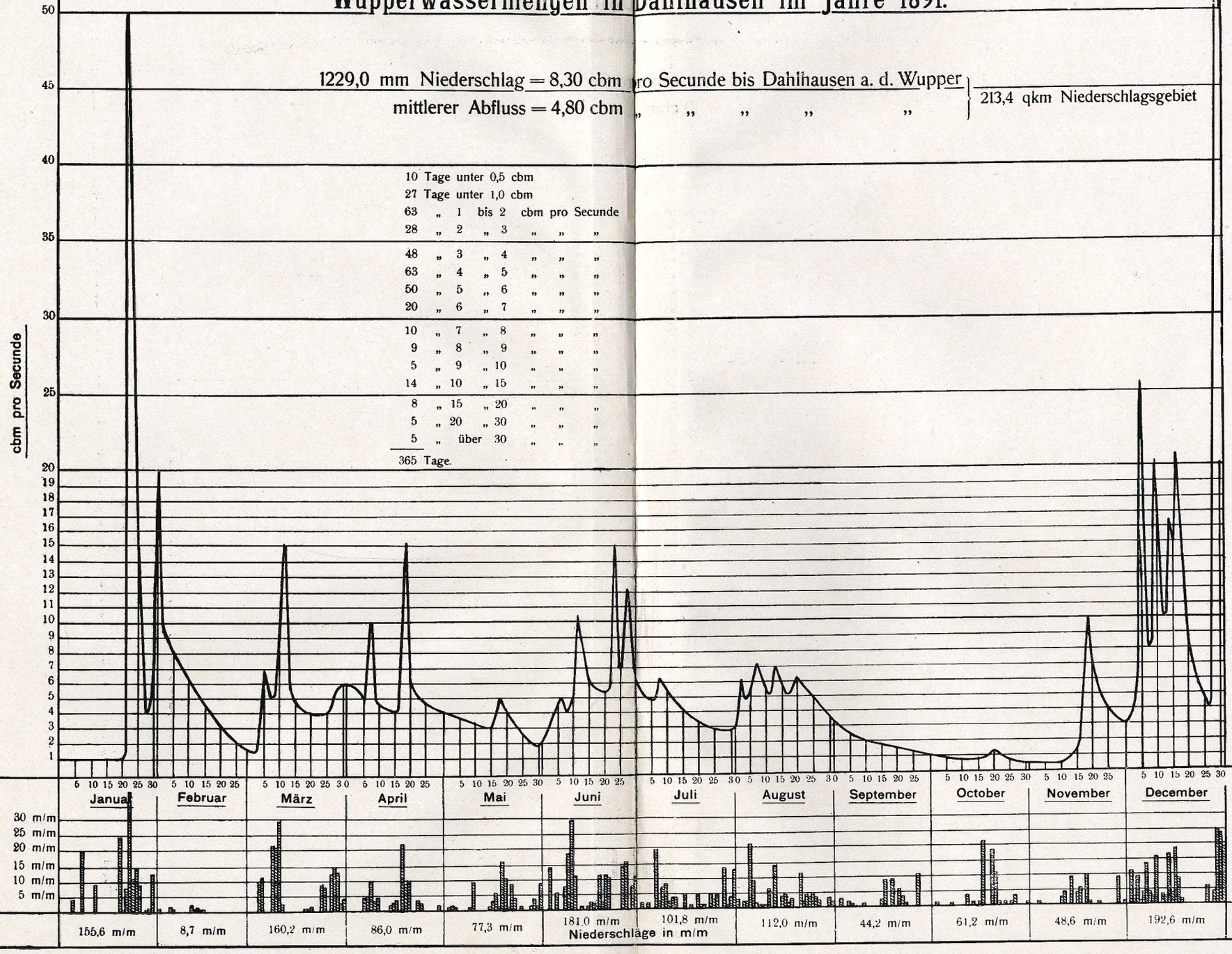
Niederschläge in m/m

Tafel XII

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1891.

1229,0 mm Niederschlag = 8,30 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 4,80 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

10	Tage	unter	0,5	cbm	
27	Tage	unter	1,0	cbm	
63	„	1	bis 2	cbm	pro Secunde
28	„	2	„ 3	„	„ „
48	„	3	„ 4	„	„ „
63	„	4	„ 5	„	„ „
50	„	5	„ 6	„	„ „
20	„	6	„ 7	„	„ „
10	„	7	„ 8	„	„ „
9	„	8	„ 9	„	„ „
5	„	9	„ 10	„	„ „
14	„	10	„ 15	„	„ „
8	„	15	„ 20	„	„ „
5	„	20	„ 30	„	„ „
5	„	über	30	„	„ „
365	Tage.				



Tafel XIII

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1892.

1020,96 mm Niederschlag = 6,91 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 4,74 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

40	Tage	unter	0,50	cbm	pro Secunde
44	„	0,5	bis 1	cbm	pro Secunde
78	„	1	„ 2	„	„ „
54	„	2	„ 3	„	„ „
32	„	3	„ 4	„	„ „
30	„	4	„ 5	„	„ „
24	„	5	„ 6	„	„ „
16	„	6	„ 7	„	„ „
10	„	7	„ 8	„	„ „
3	„	8	„ 9	„	„ „
4	„	9	„ 10	„	„ „
12	„	10	„ 15	„	„ „
4	„	15	„ 20	„	„ „
6	„	20	„ 30	„	„ „
9	„	über	30	„	„ „
366	Tage.				

cbm pro Secunde

Januar Februar März April Mai Juni Juli August September October November December

30 m/m
25 m/m
20 m/m
15 m/m
10 m/m
5 m/m

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
102,4 m/m	79,1 m/m	43,1 m/m	44,2 m/m	72,2 m/m	85,9 m/m	68,35 m/m	84,41 m/m	144,35 m/m	100,6 m/m	66,7 m/m	129,65 m/m

Niedeschläge in m/m

Tafel XIV

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1893.

1109,75 mm Niederschlag = 7,509 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,174 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

50	Tage	unter	0,30	cbm	
70	„	0,3	bis 0,60	cbm	pro Secunde
16	„	0,6	„ 1	„	„ „
53	„	1	„ 2	„	„ „
20	„	2	„ 3	„	„ „
10	„	3	„ 4	„	„ „
10	„	4	„ 5	„	„ „
17	„	5	„ 6	„	„ „
14	„	6	„ 7	„	„ „
14	„	7	„ 8	„	„ „
16	„	8	„ 9	„	„ „
8	„	9	„ 10	„	„ „
33	„	10	„ 15	„	„ „
14	„	15	„ 20	„	„ „
12	„	20	„ 30	„	„ „
8	„	über	30	„	„ „
365	Tage.				

cbm pro Secunde

50 45 40 35 30 25 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 28 | 5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 30 | 5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 30 | 5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 31 | 5 10 15 20 25 31

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
30 m/m											
25 m/m											
20 m/m											
15 m/m											
10 m/m											
5 m/m											
76,8 m/m	213,7 m/m	68,6 m/m	1,3 m/m	25,45 m/m	53,65 m/m	93,35 m/m	71,20 m/m	123,6 m/m	153,45 m/m	151,95 m/m	73,7 m/m

Niederschläge in m/m

Tafel XV

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1894.

1361,55 mm Niederschlag = 9,21 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 6,79 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

40	Tage	unter	1	cbm	
75	„	1	bis 2	cbm	pro Secunde
35	„	2	„ 3	„	„ „
26	„	3	„ 4	„	„ „
21	„	4	„ 5	„	„ „
29	„	5	„ 6	„	„ „
19	„	6	„ 7	„	„ „
13	„	7	„ 8	„	„ „
11	„	8	„ 9	„	„ „
9	„	9	„ 10	„	„ „
33	„	10	„ 15	„	„ „
26	„	15	„ 20	„	„ „
23	„	20	„ 30	„	„ „
5	„	über	30	„	„ „
365	Tage.				

cbm pro Secunde

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
122 m/m	180,1 m/m	82 m/m	54,45 m/m	32,1 m/m	161,05 m/m	149,5 m/m	193,2 m/m	107,5 m/m	131,4 m/m	63,4 m/m	138,85 m/m

Niederschläge in m/m

Tafel XVI

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1895.

1325,05 mm Niederschlag = 8,96 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 6,447 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

10	Tage	unter	0,5	cbm		
31	Tage	unter	1	cbm		
62	„	1	bis 2	cbm	pro	Secunde
55	„	2	„ 3	„	„	„
40	„	3	„ 4	„	„	„
32	„	4	„ 5	„	„	„
22	„	5	„ 6	„	„	„
18	„	6	„ 7	„	„	„
12	„	7	„ 8	„	„	„
11	„	8	„ 9	„	„	„
8	„	9	„ 10	„	„	„
25	„	10	„ 15	„	„	„
13	„	15	„ 20	„	„	„
13	„	20	„ 30	„	„	„
10	„	über	30	„	„	„
365	Tage.					

cbm pro Secunde

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
132,4 m/m	34,95 m/m	133.4 m/m	78,95 m/m	121,45 m/m	90,15 m/m	143,6 m/m	98,3 m/m	25,2 m/m	151,65 m/m	122,2 m/m	192,8 m/m

Niederschläge in m/m 1325,05

Tafel XVII

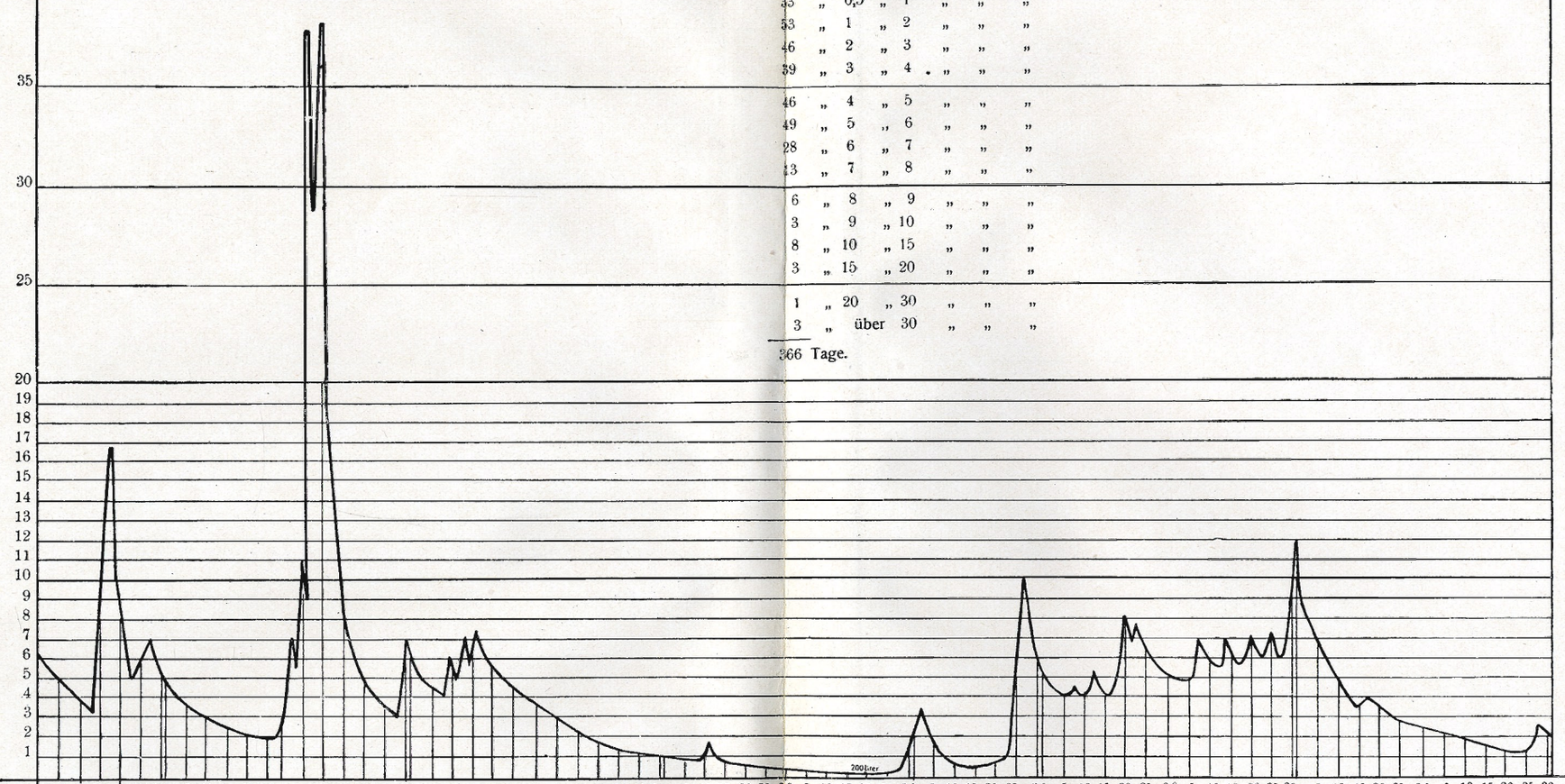
Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1896.

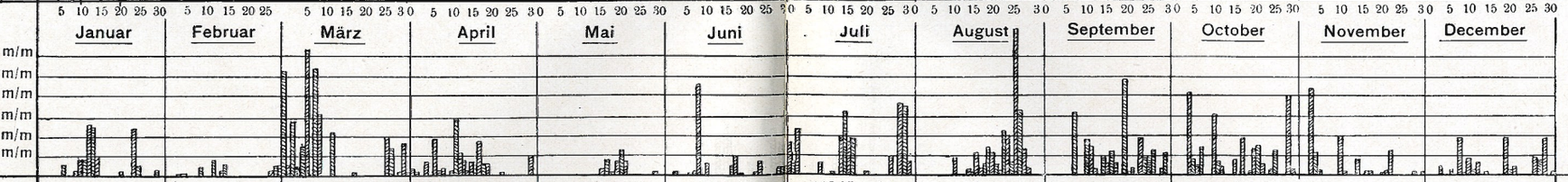
965,0 mm Niederschlag = 6,749 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 4,200 cbm „ „ „ „ „

213,4 qkm Niederschlagsgebiet

20	Tage unter 0,3 cbm
15	„ 0,3 bis 0,5 cbm pro Secunde
33	„ 0,5 „ 1 „ „ „
53	„ 1 „ 2 „ „ „
46	„ 2 „ 3 „ „ „
39	„ 3 „ 4 „ „ „
46	„ 4 „ 5 „ „ „
49	„ 5 „ 6 „ „ „
28	„ 6 „ 7 „ „ „
13	„ 7 „ 8 „ „ „
6	„ 8 „ 9 „ „ „
3	„ 9 „ 10 „ „ „
8	„ 10 „ 15 „ „ „
3	„ 15 „ 20 „ „ „
1	„ 20 „ 30 „ „ „
3	„ über 30 „ „ „
366	Tage.

cbm pro Secunde





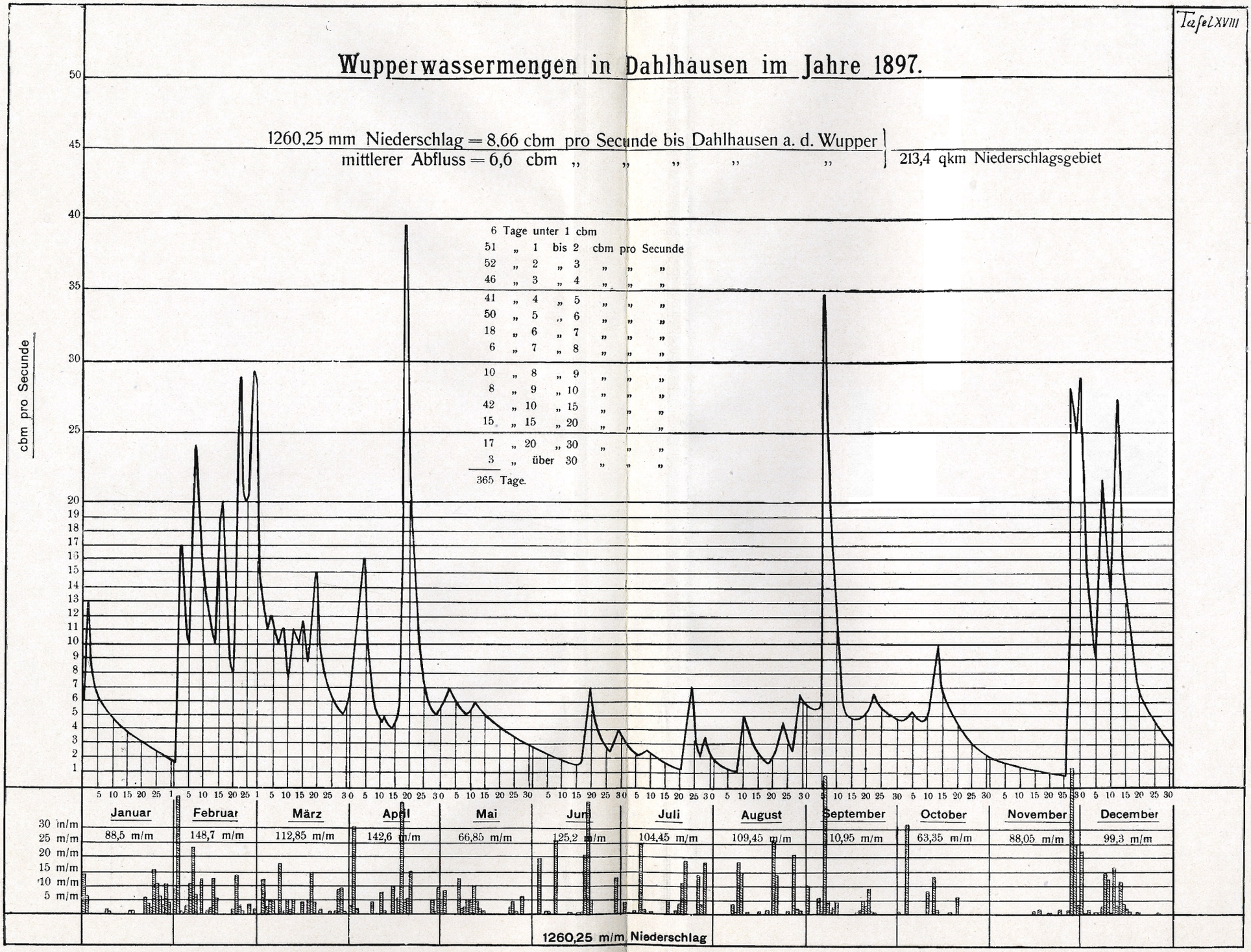
Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
62,25 m/m	16,7 m/m	160,2 m/m	74,0 m/m	20,6 m/m	44,95 m/m	119,35 m/m	124,9 m/m	116,25 m/m	116,2 m/m	54,2 m/m	55,4 m/m

Niederschläge in m/m

Tafel LXVIII

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1897.

1260,25 mm Niederschlag = 8,66 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 6,6 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet



Tafel XIX

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1898.

1298,8 mm Niederschlag = 8,73 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 6,90 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

cbm pro Secunde

—	Tage	unter 1	cbm	
133	„	1 bis 2	cbm	pro Secunde
50	„	2 „ 3	„	„ „
23	„	3 „ 4	„	„ „
22	„	4 „ 5	„	„ „
13	„	5 „ 6	„	„ „
10	„	6 „ 7	„	„ „
17	„	7 „ 8	„	„ „
10	„	8 „ 9	„	„ „
13	„	9 „ 10	„	„ „
43	„	10 „ 15	„	„ „
15	„	15 „ 20	„	„ „
10	„	20 „ 30	„	„ „
6	„	über 30	„	„ „
365	Tage.			

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	
67 m/m	228,4 m/m	90,8 m/m	74,75 m/m	206,75 m/m	79,45 m/m	179,05 m/m	85,6 m/m	30,2 m/m	82,35 m/m	38,05 m/m	136,4 m/m	=1298,8 m/m

Niederschläge in m/m.

Tafel XX

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1899.

1296,56 mm Niederschlag = 8,759 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,750 cbm „ „ „ „ „ } 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

77	Tage	0,3	bis	1	cbm pro Secunde
56	„	1	„	2	„ „ „
39	„	2	„	3	„ „ „
40	„	3	„	4	„ „ „
17	„	4	„	5	„ „ „
22	„	5	„	6	„ „ „
15	„	6	„	7	„ „ „
13	„	7	„	8	„ „ „
20	„	8	„	9	„ „ „
13	„	9	„	10	„ „ „
30	„	10	„	15	„ „ „
10	„	15	„	20	„ „ „
5	„	20	„	30	„ „ „
8	„	über	30		„ „ „
365	Tage.				

181,500,000 cbm = 5,75 cbm pro Secunde

Wupperabfluss in Dahlhausen cbm pro Secunde

Niederschläge in Lennep

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
193,40 m/m	56,2 m/m	65,0 m/m	178,5 m/m	118,85 m/m	49,5 m/m	162,01 m/m	73,7 m/m	192,4 m/m	52,2 m/m	76,3 m/m	75,5 m/m

Niederschläge in m/m 1296,56.

Tafel XXI

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1900.

1270,3 mm Niederschlag = 8,59 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,50 cbm „ „ „ „ „

213,4 qkm Niederschlagsgebiet

30	Tage	0,4	bis 1	cbm pro Secunde	
70	„	1	„ 2	„ „ „	
63	„	2	„ 3	„ „ „	
46	„	3	„ 4	„ „ „	
27	„	4	„ 5	„ „ „	172,800,000 cbm = 5,50 cbm pro Secunde
30	„	5	„ 6	„ „ „	
23	„	6	„ 7	„ „ „	
15	„	7	„ 8	„ „ „	
13	„	8	„ 9	„ „ „	
6	„	9	„ 10	„ „ „	
19	„	10	„ 15	„ „ „	
10	„	15	„ 20	„ „ „	
10	„	20	„ 30	„ „ „	
4	„	über	30	„ „ „	
366 Tage.					

Wupperabfluss in Dahlhausen cbm pro Secunde

Niederschläge in Lennep

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
200,4 m/m	102,1 m/m	32,0 m/m	70,8 m/m	54,1 m/m	127 0 m/m	146,1 m/m	154,5 m/m	40,1 m/m	127,2 m/m	56,7 m/m	159,3 m/m

Niederschläge in m/m 1270,3

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1901.

Tafel XXII

1351,6 mm Niederschlag = 9,17 cbm pro Secunde bis Dahlhausen a. d. Wupper
mittlerer Abfluss = 5,50 cbm
} 213,4 qkm Niederschlagsgebiet

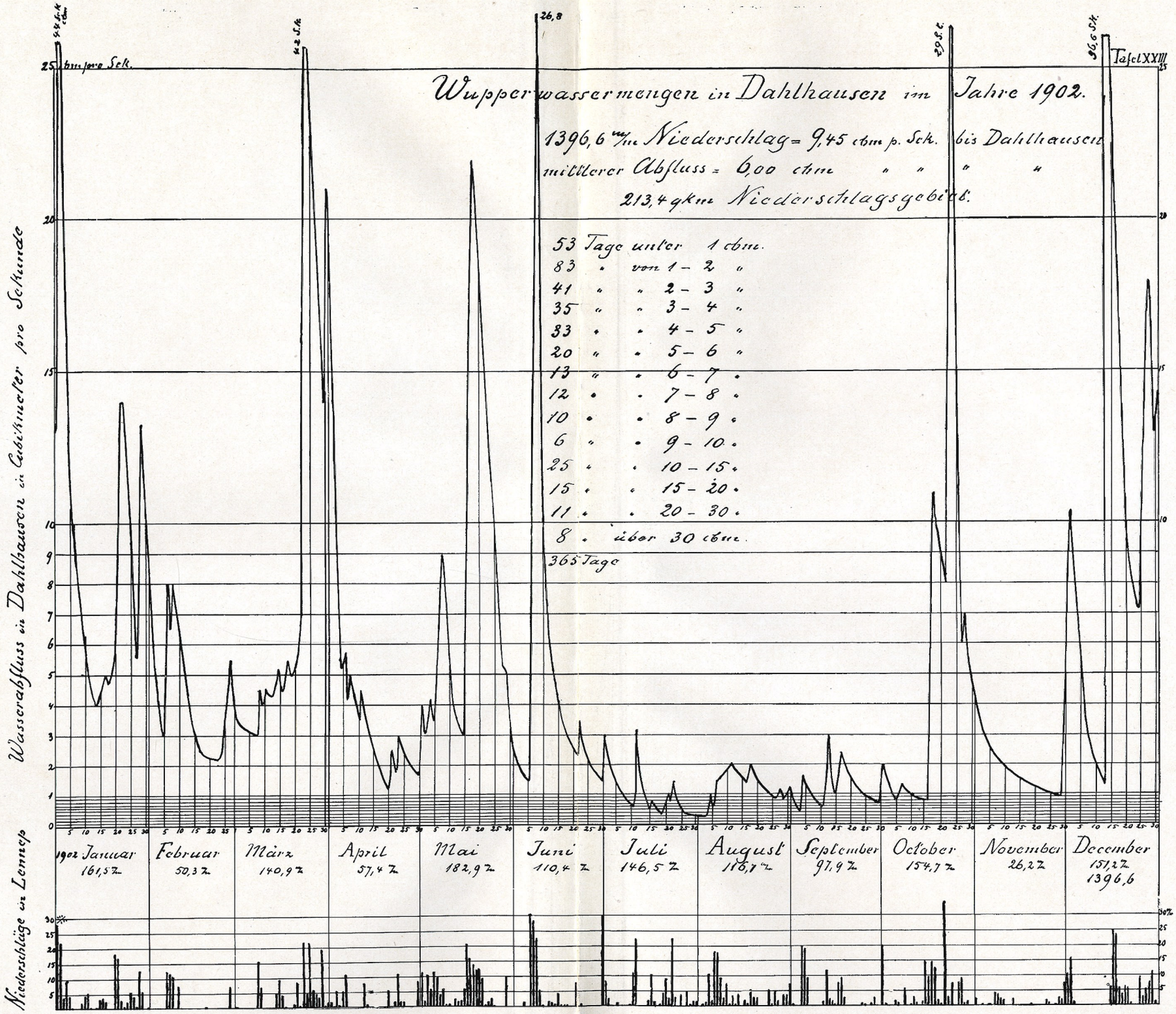
70	Tage	0	bis	0,3	cbm pro Secunde
36	„	0,3	„	0,6	„ „ „
29	„	0,6	„	1	„ „ „
50	„	1	„	2	„ „ „
44	„	2	„	3	„ „ „
20	„	3	„	4	„ „ „
16	„	4	„	5	„ „ „
15	„	5	„	6	„ „ „
13	„	6	„	7	„ „ „
10	„	7	„	8	„ „ „
9	„	8	„	9	„ „ „
9	„	9	„	10	„ „ „
16	„	10	„	15	„ „ „
6	„	15	„	20	„ „ „
10	„	20	„	30	„ „ „
15	„	über	30		„ „ „
365	Tage.				

85 cbm p. S. am 20. Nov. früh
60 cbm p. S. am 21. Nov.
50 cbm am 22. Nov.
100 cbm am 9. Dec. früh
43 cbm am 10. Dec. früh

Wupperabfluss cbm pro Secunde

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
103,4 m/m	79,3 m/m	116,9 m/m	161,1 m/m	23,75 m/m	69,85 m/m	23,1 m/m	101,9 m/m	123,8 m/m	171,55 m/m	206,55 m/m	170,40 m/m

Niederschläge in m/m. =1351,6 m/m


Tafel XXIII
Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1902.
1396,6 m/m Niederschlag = 9,45 cbm p. Sek. bis Dahlhausen
mittlerer Abfluss = 6,00 cbm " " " "
213,4 qkm Niederschlagsgebiet.
53 Tage unter 1 cbm.
83 " von 1 – 2 "
41 " " 2 – 3 "
35 " " 3 – 4 "
33 " " 4 – 5 "
20 " " 5 – 6 "
13 " " 6 – 7 "
12 " " 7 – 8 "
10 " " 8 – 9 "
6 " " 9 – 10 "
25 " " 10 – 15 "
15 " " 15 – 20 "
11 " " 20 – 30 "
8 " über 30 cbm.
365 Tage
Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde
Niederschläge in Lennep
1902 Januar 161,5 m
Februar 50,3 m
März 140,9 m
April 57,4 m
Mai 182,9 m
Juni 110,4 m
Juli 146,5 m
August 116,7 m
September 97,9 m
October 154,7 m
November 26,2 m
December 151,2 m
1396,6

Tafel XXIV

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1903.

1254,5 mm Niederschlag = 8,488 cbm pro Sek. bis Dahlhausen
mittlerer Abfluss = 6,26 " " " " "
213,4 qkm Niederschlagsgebiet

8 Tage	über	30 cbm p. Sek.	
20 "	20	– 30	" "
21 "	15	– 20	" "
37 "	10	– 15	" "
10 "	9	– 10	" "
14 "	8	– 9	" "
15 "	7	– 8	" "
20 "	6	– 7	" "
25 "	5	– 6	" "
35 "	4	– 5	" "
35 "	3	– 4	" "
40 "	2	– 3	" "
50 "	1	– 2	" "
35 "	0,3	– 1	" "
365 Tage			

Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde

Niederschläge in Lennep

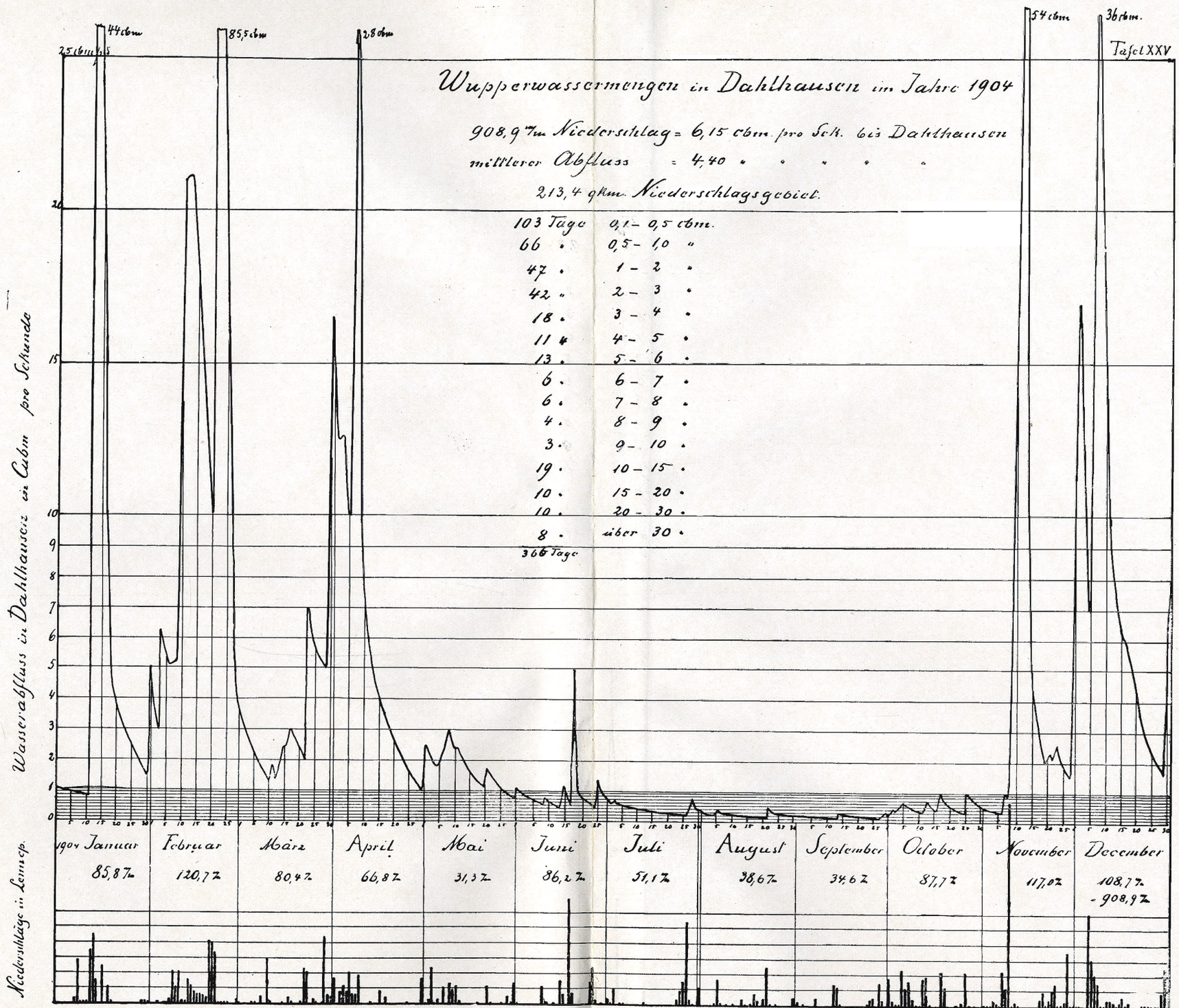
1903	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
	88,7 mm	90,5 "	78,3 mm	138,1 "	68,7 "	47,8 "	180,8 "	133,1 "	102,3 "	145,4 mm	141,8 "	38,4 mm = 1254,5 mm

Tafel XXV

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1904

908,9 mm Niederschlag = 6,15 cbm pro Sek. bis Dahlhausen
mittlerer Abfluss = 4,40 " " " " "
213,4 qkm Niederschlagsgebiet.

103 Tage	0,1 – 0,5 cbm.
66 "	0,5 – 1,0 "
47 "	1 – 2 "
42 "	2 – 3 "
18 "	3 – 4 "
11 "	4 – 5 "
13 "	5 – 6 "
6 "	6 – 7 "
6 "	7 – 8 "
4 "	8 – 9 "
3 "	9 – 10 "
19 "	10 – 15 "
10 "	15 – 20 "
10 "	20 – 30 "
8 "	über 30 "
366 Tage	



Tafel XXVI

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1905

1323,67 m Niederschlag = 8,95 cbm pro Sek. bis Dahlhausen
mittlerer Abfluss = 6,82 cbm " " "

43 Tage	0,3 – 1 cbm.
46 "	1 – 2 "
28 "	2 – 3 "
22 "	3 – 4 "
28 "	4 – 5 "
26 "	5 – 6 "
17 "	6 – 7 "
28 "	7 – 8 "
8 "	8 – 9 "
11 "	9 – 10 "
62 "	10 – 15 "
23 "	15 – 20 "
13 "	20 – 30 "
10 "	über 30 "
365 Tage	

54 S. cbm. 57 Sek. Cubm. 42 Sek. Kubm. 28,7 Sek. Kubm. 53 Sek. Kubm. 33 Sek. Kubm.

Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde

Niederschläge in Lennep

1905	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
	105,2	96,2	165,4	121,4	42,5	100,5	135,7	97,2	107,5	197,0	87,2	67,8 = 1323,6

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1906.

1418,5 mm Niederschlag = 9,59 cbm pro Sek. bis Dahlhausen.
mittlerer Abfluss = 6,29 cbm " " " "
213,4 qkm Niederschlagsgebiet.

53 Tage	0,3 – 1 cbm p. S.
81 "	1 – 2 "
57 "	2 – 3 "
28 "	3 – 4 "
20 "	4 – 5 "
14 "	5 – 6 "
10 "	6 – 7 "
11 "	7 – 8 "
9 "	8 – 9 "
8 "	9 – 10 "
29 "	10 – 15 "
20 "	15 – 20 "
17 "	20 – 30 "
8 "	über 30 "
365 Tage	

Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde

Niederschläge in Lennep

1906	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
	182 mm	120,6 mm	170 mm	62,8 mm	114,4 mm	62 mm	76,1 mm	117,3 mm	67,6 mm	101,7 mm	149 mm	195 mm = 1418,5 mm

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1907

1130,7 ℳ Niederschlag = 7,65 cbm pro Sek. bis Dahlhausen.
mittlerer Abfluss = 5,33 cbm " " "
213,4 qkm Niederschlagsgebiet.

65 Tage	von	0,6 – 1,0	cbm
100 "	"	1 – 2	"
43 "	"	2 – 3	"
24 "	"	3 – 4	"
22 "	"	4 – 5	"
22 "	"	5 – 6	"
11 "	"	6 – 7	"
11 "	"	7 – 8	"
7 "	"	8 – 9	"
4 "	"	9 – 10	"
24 "	"	10 – 15	"
17 "	"	15 – 20	"
10 "	"	20 – 30	"
5 "	über	30	"
365 Tage			

28,4 Sek. cubm
25,58 cbm
60 S. cubm
51 S. cubm
53,3 S. cubm

Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde.

Niederschläge in Lennep.

1907	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
	108,1 ℳ	109,1 ℳ	108,8 ℳ	47,1 ℳ	83,5 ℳ	107,1 ℳ	107,1 ℳ	133,2 ℳ	40,5 ℳ	73,7 ℳ	99,3 ℳ	113,2 ℳ = 1130,7 ℳ

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1908.

1266,97 m Niederschlag = 8,57 cbm pro Sek. bis Dahlhausen.
mittlerer Abfluss = 5,38 cbm " " " "
213,49 qkm Niederschlagsgebiet.

104 Tage	0,2 – 1 cbm.
33 "	1 – 2 "
38 "	2 – 3 "
43 "	3 – 4 "
28 "	4 – 5 "
25 "	5 – 6 "
16 "	6 – 7 "
15 "	7 – 8 "
9 "	8 – 9 "
3 "	9 – 10 "
20 "	10 – 15 "
18 "	15 – 20 "
10 "	20 – 30 "
4 "	über 30 "
366 Tage	

Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde.

Niederschläge in Lennep.

1908	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
	138,1 m	150,6 m	90,5 m	109,1 m	151 m	88,7 m	137,2 m	159,3 m	85,3 m	3,2 m	98,3 m	55,6 m = 1266,9 m

Tafel XXX

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1909.

1499,1 mm Niederschlag = 10,14 cbm pro Sek. bis Dahlhausen
mittlerer Abfluss = 6,93 " " " "
213,4 qkm Niederschlagsgebiet.

49 Tage	0,3	– 1	cbm
87 "	1	– 2	"
49 "	2	– 3	"
37 "	3	– 4	"
26 "	4	– 5	"
23 "	5	– 6	"
10 "	6	– 7	"
8 "	7	– 8	"
8 "	8	– 9	"
8 "	9	– 10	"
20 "	10	– 15	"
13 "	15	– 20	"
19 "	20	– 30	"
8 "	über	30	"
365 Tage			

Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde

Niederschläge in Lennep.

1909.	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
	72,1 mm	203,3 mm	105,1 mm	108,6 mm	44,5 mm	121,3 mm	224,7 mm	92,3 mm	120,9 mm	83,3 mm	121,5 mm	201,5 mm = 1499,1 mm

Tafel XXXI

Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1910.

1429 Mm Niederschlag = 9,61 cbm pro Sek. bis Dahlhausen.

mittlerer Abfluss = 6,55 cbm " " " "

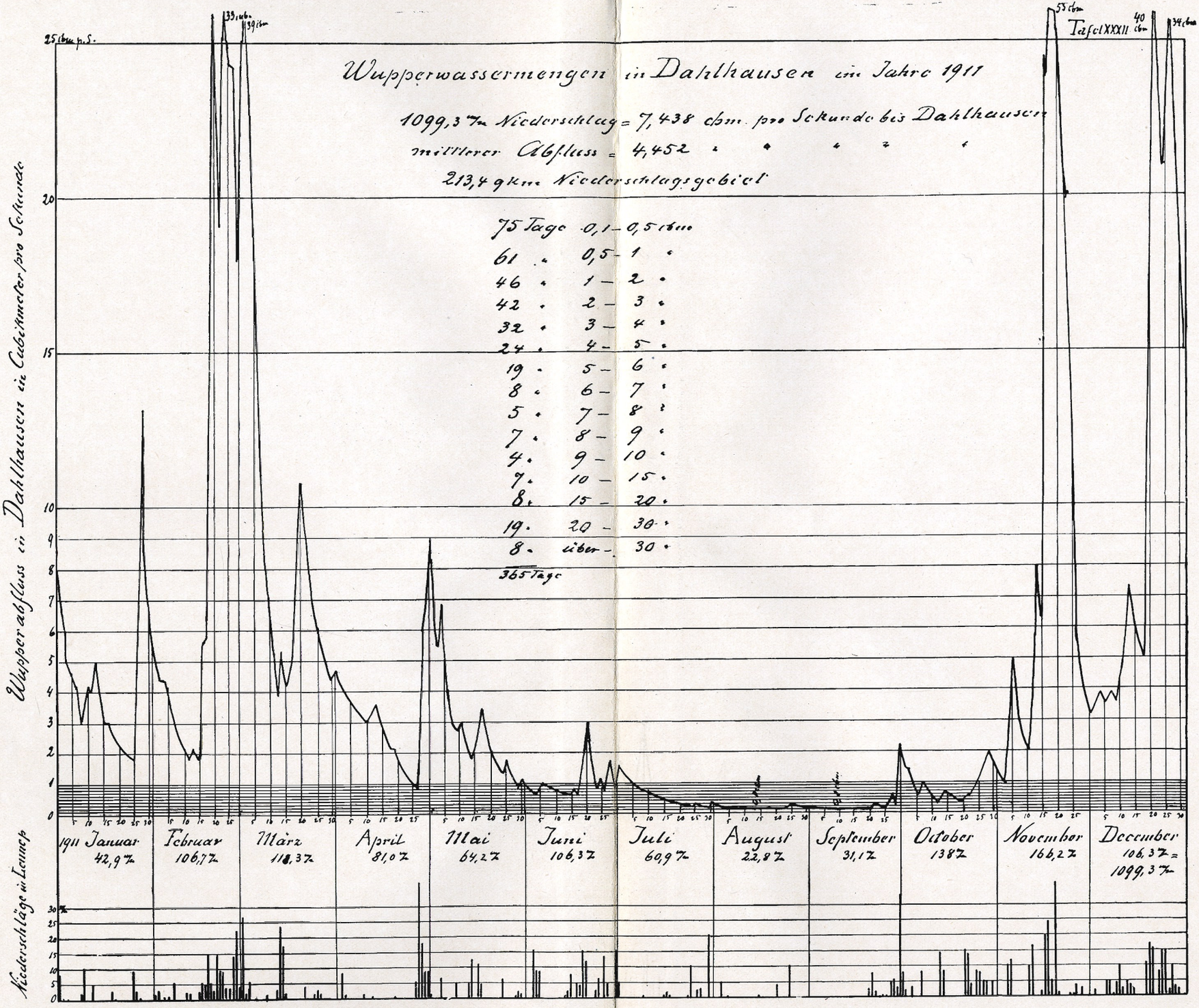
213,4 qkm Niederschlagsgebiet

26 Tage	0,3 – 1	cbm
63.	1 – 2	.
43.	2 – 3	.
40.	3 – 4	.
34.	4 – 5	.
29.	5 – 6	.
14.	6 – 7	.
19.	7 – 8	.
16.	8 – 9	.
12	9 – 10	.
34.	10 – 15	.
20.	15 – 20	.
10.	20 – 30	.
5.	über 30	.
365 Tage		

Wasserabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde

Niederschläge in Lennep

1910	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
	168,3 Mm	191,4 Mm	40,1 Mm	95,8 Mm	93,6 Mm	134,7 Mm	220,2 Mm	85,2 Mm	95,8 Mm	51,2 Mm	172,2 Mm	119,8 Mm = 1429,0 Mm


Wupperwassermengen in Dahlhausen im Jahre 1911
1099,3 mm Niederschlag = 7,438 cbm pro Sekunde bei Dahlhausen
mittlerer Abfluss = 4,452 " " " " "
213,4 qkm Niederschlagsgebiet
75 Tage 0,1 – 0,5 cbm
61 " 0,5 – 1 "
46 " 1 – 2 "
42 " 2 – 3 "
32 " 3 – 4 "
24 " 4 – 5 "
19 " 5 – 6 "
8 " 6 – 7 "
5 " 7 – 8 "
7 " 8 – 9 "
4 " 9 – 10 "
7 " 10 – 15 "
8 " 15 – 20 "
19 " 20 – 30 "
8 " über – 30 "
365 Tage
Wupperabfluss in Dahlhausen in Cubikmeter pro Sekunde
Niederschläge in Litern
1911 Januar 42,9 mm
Februar 106,7 mm
März 118,3 mm
April 81,0 mm
Mai 64,2 mm
Juni 106,3 mm
Juli 60,9 mm
August 22,8 mm
September 31,1 mm
Oktober 138 mm
November 166,2 mm
December 106,3 mm = 1099,3 mm
Tafel XXXII

Erhöhung der Talsperrenmauer in Lennep

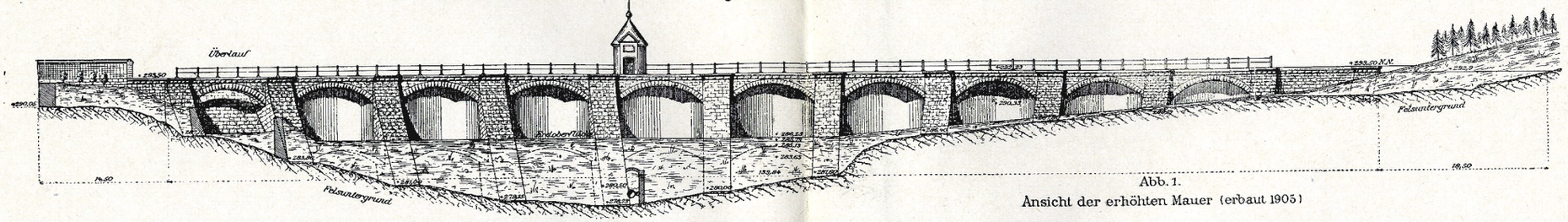


Abb. 1.
Ansicht der erhöhten Mauer (erbaut 1905)

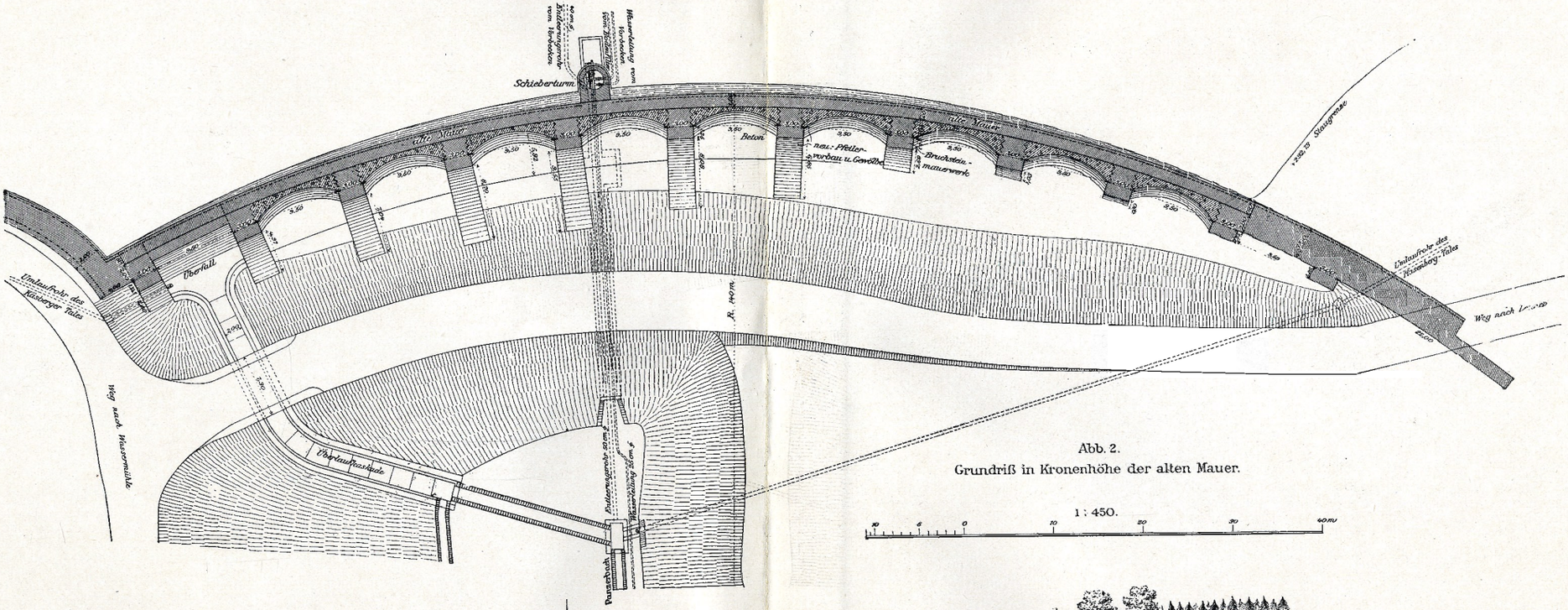


Abb. 2.
Grundriß in Kronenhöhe der alten Mauer.

1 : 450.

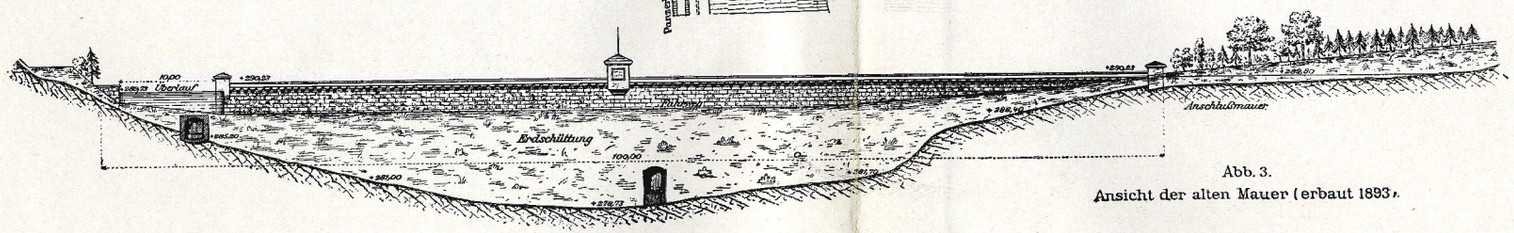


Abb. 3.
Ansicht der alten Mauer (erbaut 1893).

Tafel LXXXIV

Erhöhung der Talsperrenmauer in Lennep.

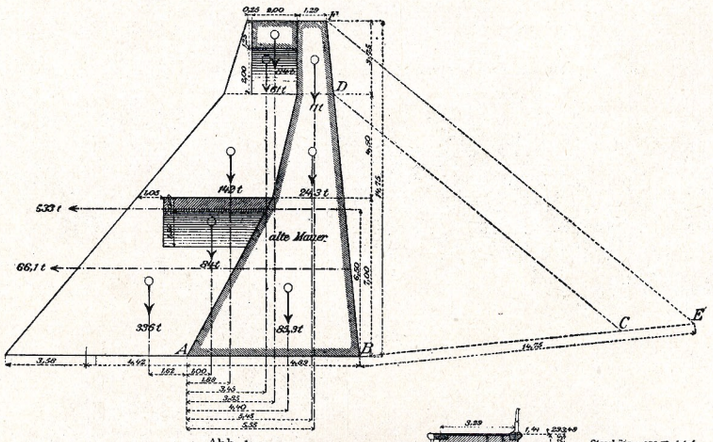


Abb. 1.
Schnitt zur statischen Berechnung.

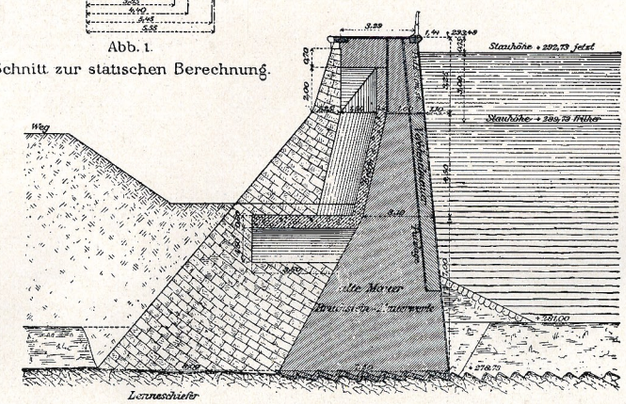


Abb. 2. Querschnitt zwischen den Pfeilern.

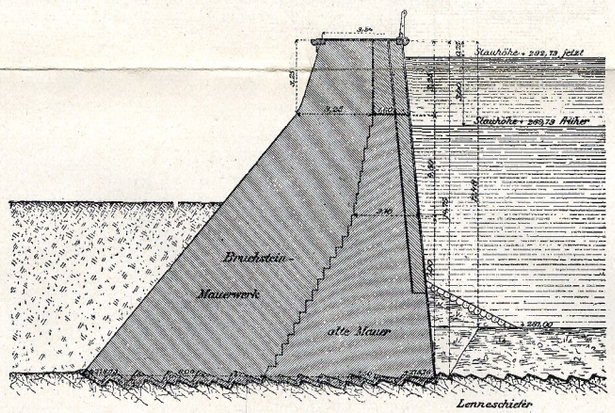


Abb. 3. Pfeilerquerschnitt.

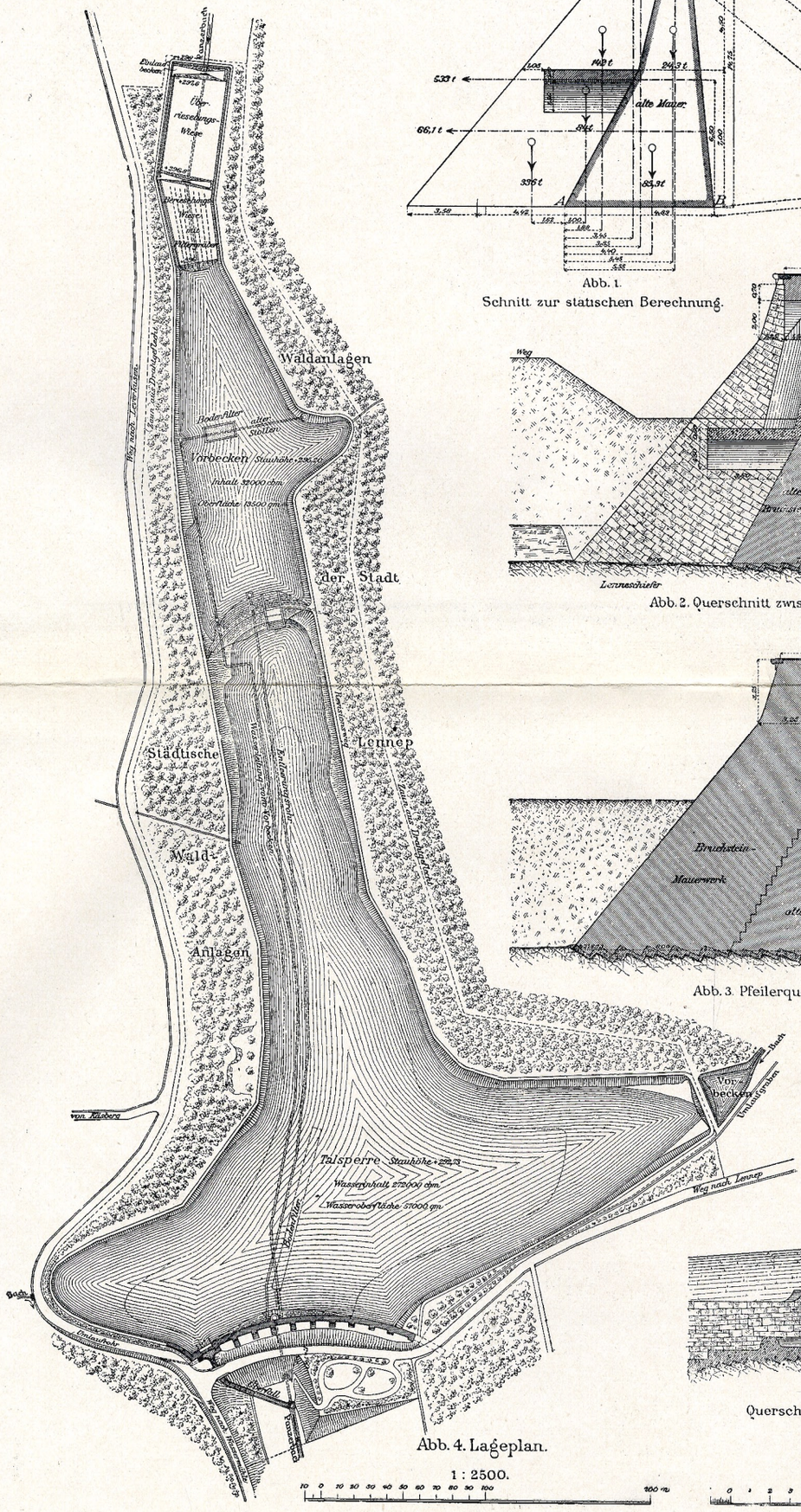


Abb. 4. Lageplan.
1 : 2500.

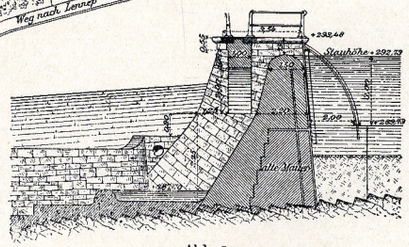


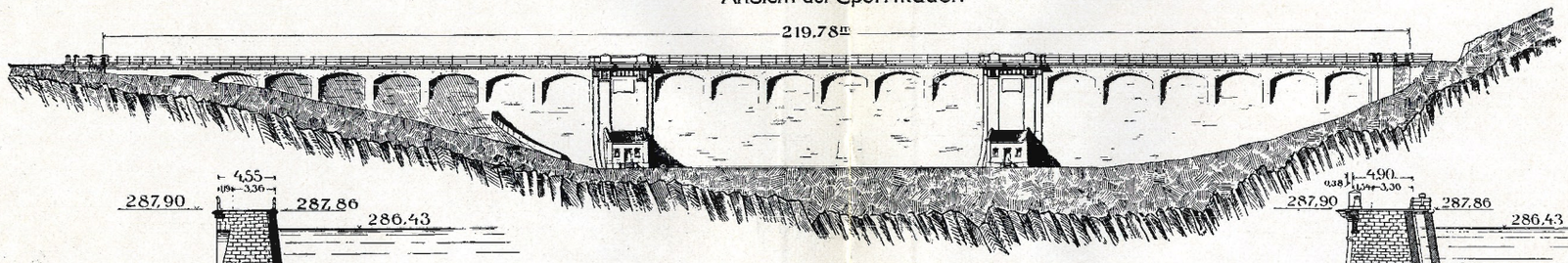
Abb. 5.
Querschnitt durch den Überlauf.

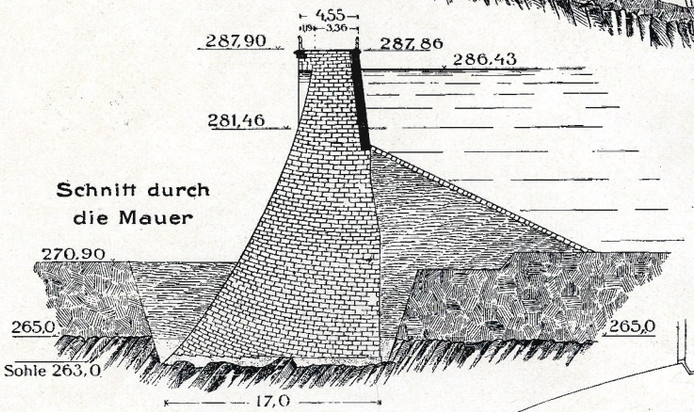
Maßstab f. d. Schnitte.

Tafel XXXV

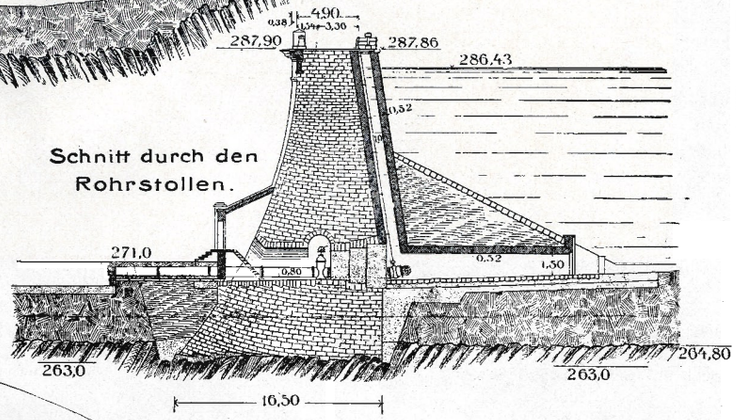
Thalsperre im Bever-Thale bei Hückeswagen.

Ansicht der Sperrmauer.

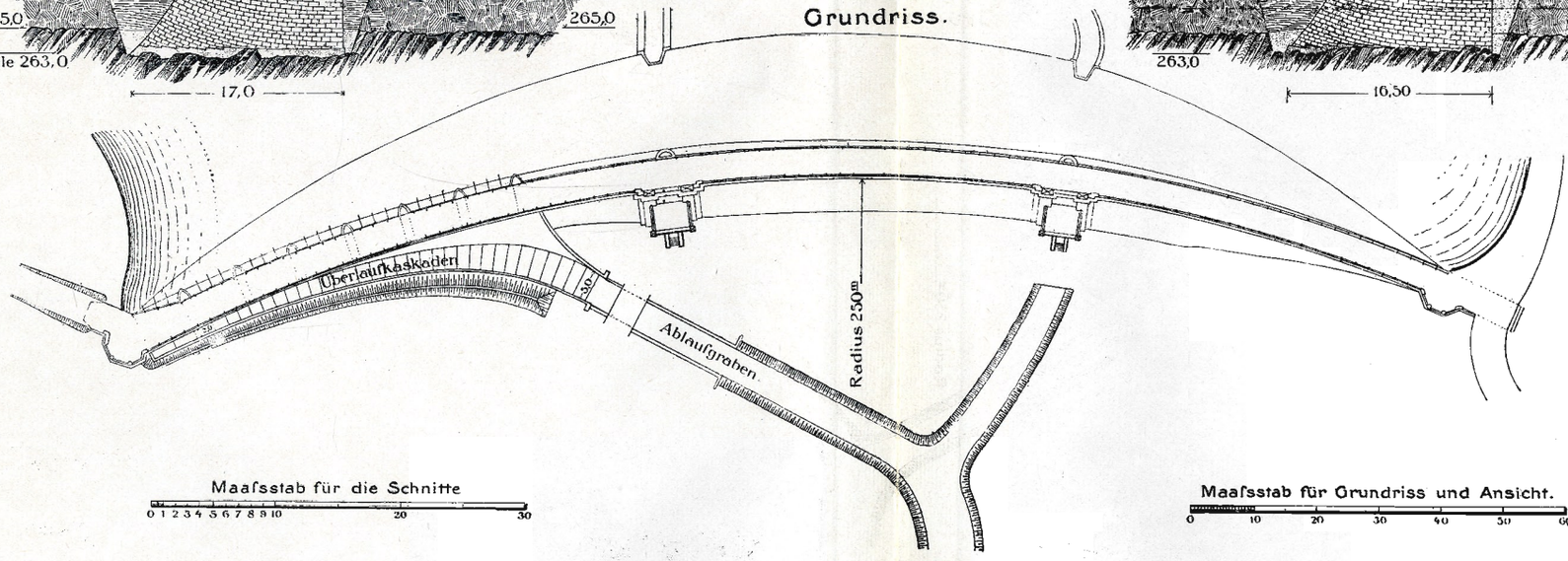




Schnitt durch die Mauer



Schnitt durch den Rohrstollen.



Maafsstab für die Schnitte

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30

Maafsstab für Grundriss und Ansicht.

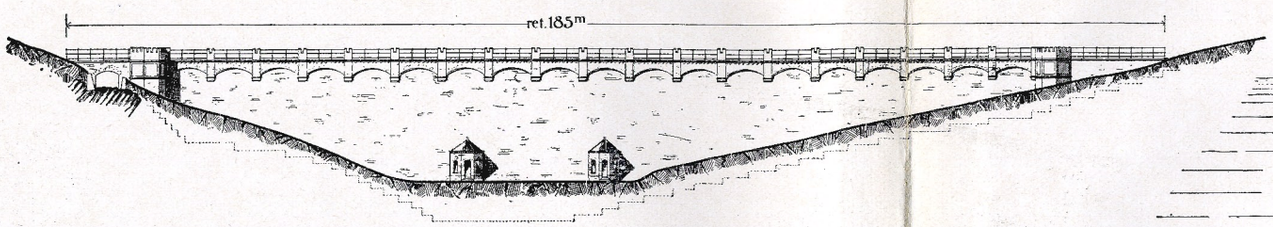
0 10 20 30 40 50 60

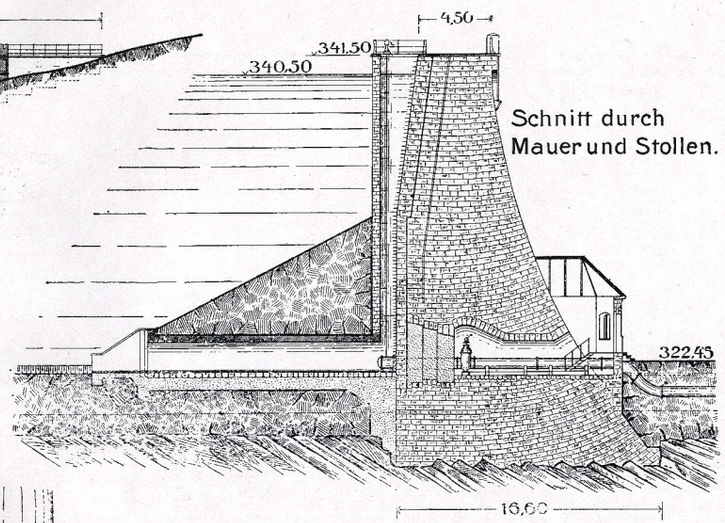
Proj: Prof. O. Intze Aachen Geh. Regierungsrath.

Tafel XXXVI

Thalsperre im Lingese-Thale bei Marienheide.

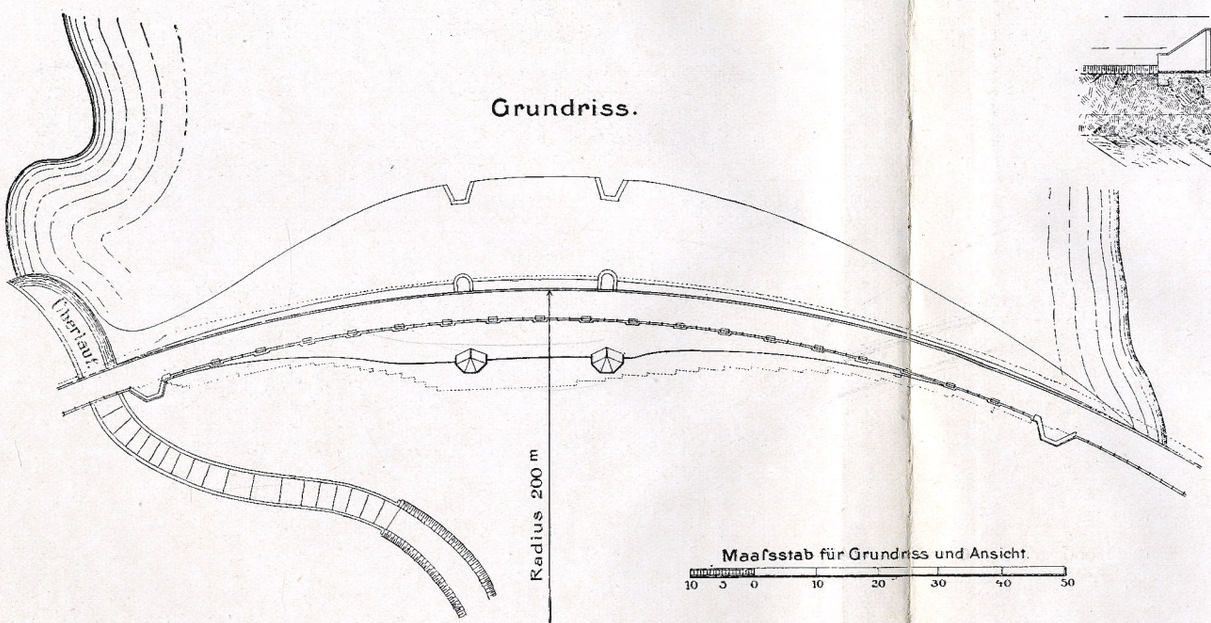
Ansicht der Sperrmauer.



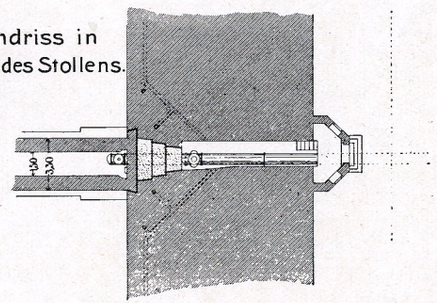


Schnitt durch Mauer und Stollen.

Grundriss.



Grundriss in Höhe des Stollens.



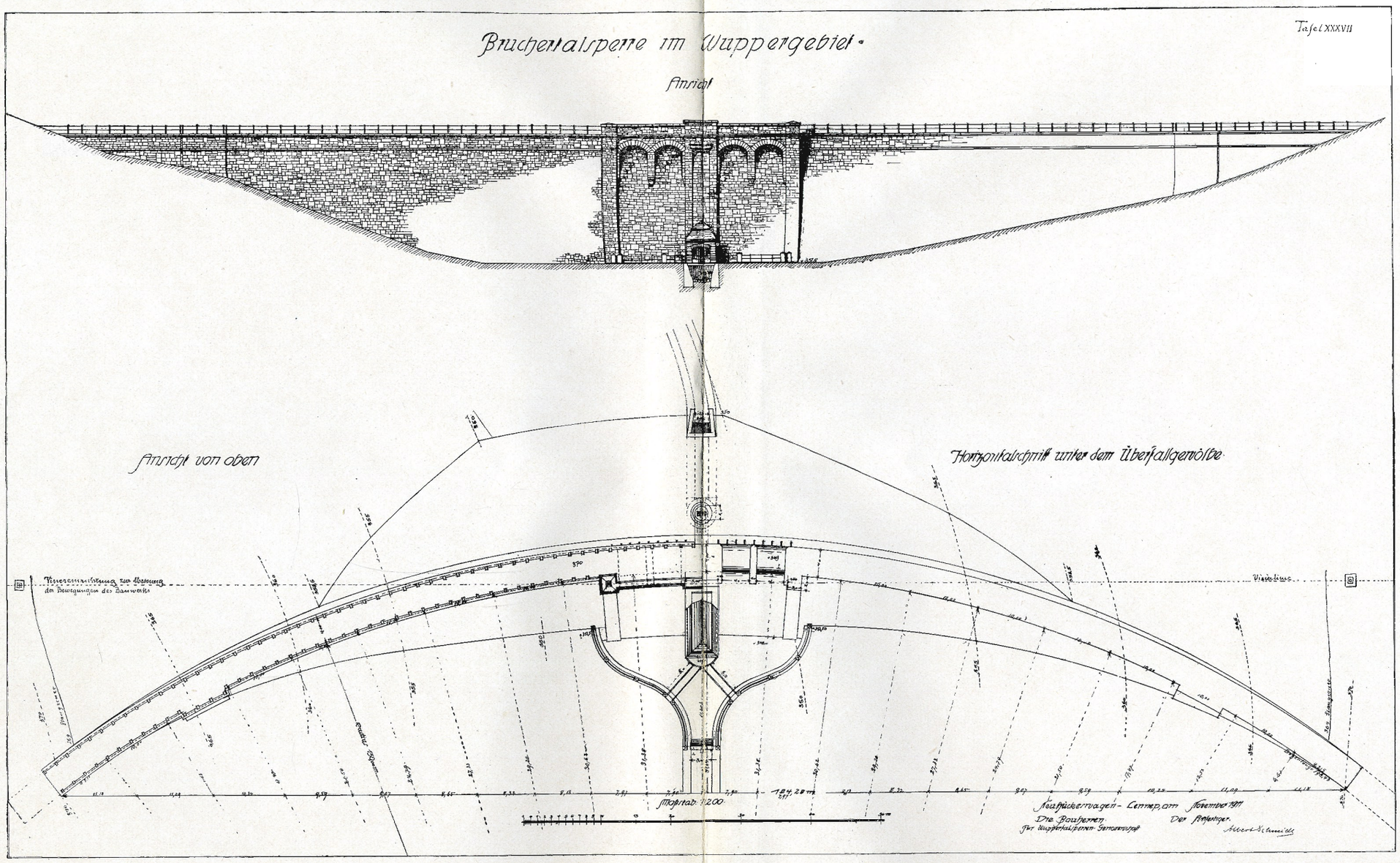
Maafsstab für Grundriss und Ansicht.

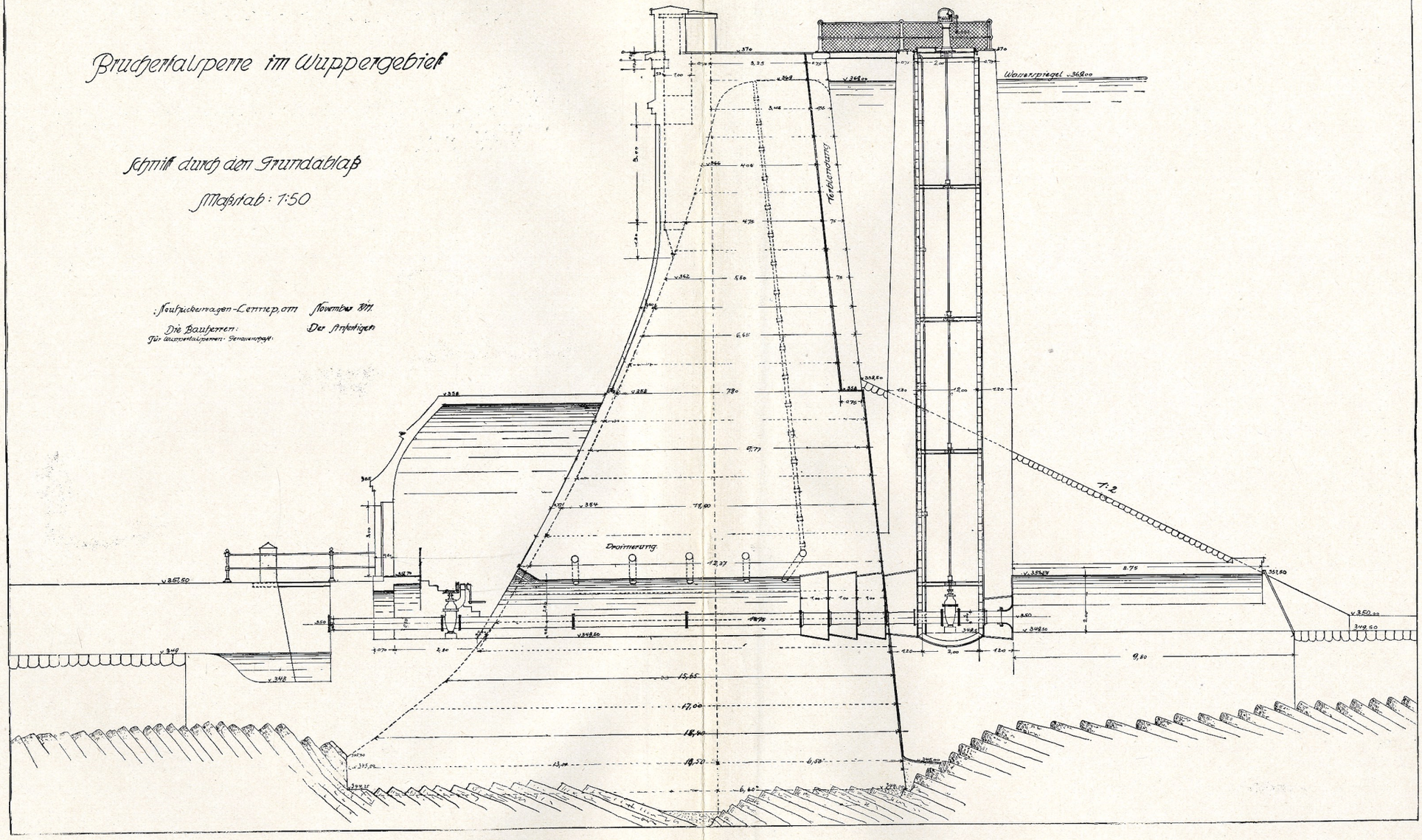
10 5 0 10 20 30 40 50

Maafsstab für die Details

0 1 2 3 4 5 10 15 20 25

Proj: Prof. O. Intze Aachen Geh. Regierungsrath

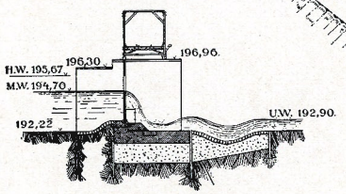

Tafel XXXVII
Bruchertalsperre im Wuppergebiet.
Ansicht
Ansicht von oben
Horizontalschnitt unter dem Überfallgewölbe
Vierteliinie
Maßstab 1:200
Neuhückeswagen - Lennep, am November 1911
Die Bauherren
Für Wuppertalsperren-Genossenschaft
Der Ausführer
Albert Schmidt


Tafel XXXVIII
Bruchertalsperre im Wuppergebiet
Schnitt durch den Grundablaß
Maßstab: 1:50
Neuhückeswagen-Lennep, am November 1911.
Die Bauherren:
Für Wuppertalsperren-Genossenschaft:
Der Anfertigen
Wasserspiegel 369,00
Terblendung
Drainierung
1:2

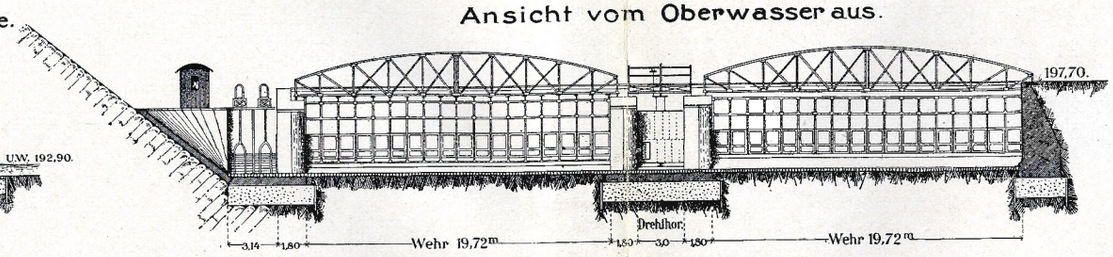
Tafel XXXIX

Ausgleichweiher bei Beyenburg.

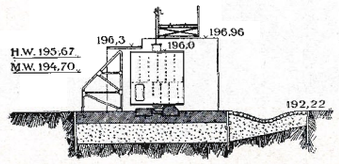
Schnitt durch Wehr und Brücke.



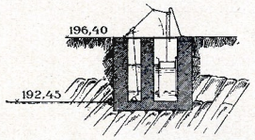
Ansicht vom Oberwasser aus.



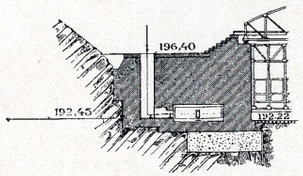
Schnitt durch das Drehthor.



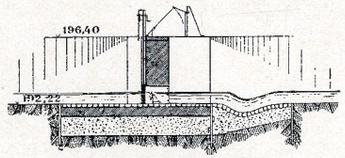
Selbstthäthige Regulirvorrichtung.

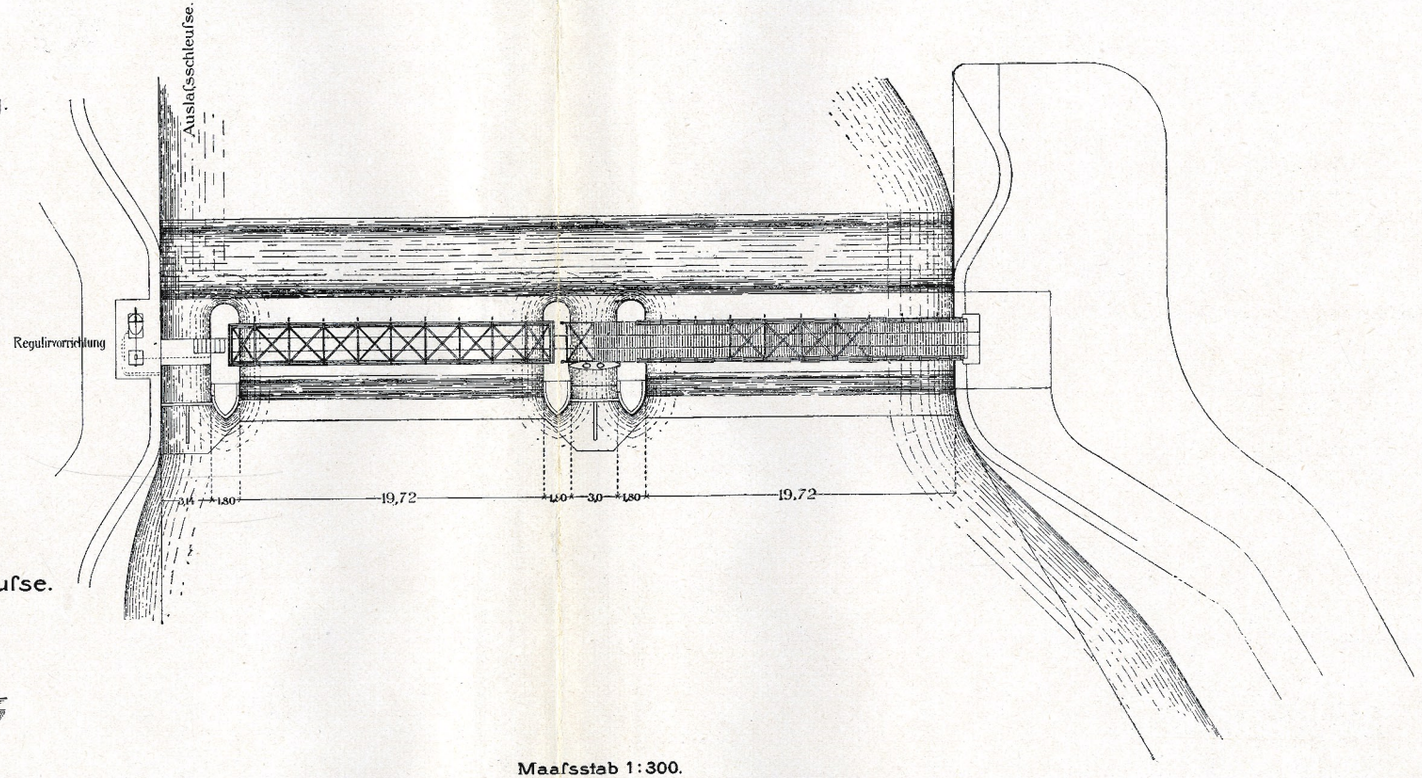


Auslafsschleufse mit Regulirklappe



Schnitt durch die Auslafsschleufse.





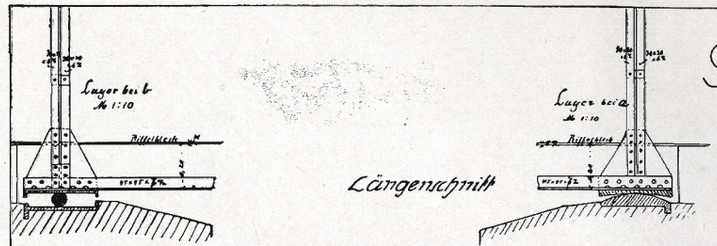
Maafsstab 1:300.

0 1 2 3 4 5 10 15 20 25 30

Proj: Prof. O. Intze Aachen Geh. Regierungsrath.

Talsperren im Wuppergebiet.

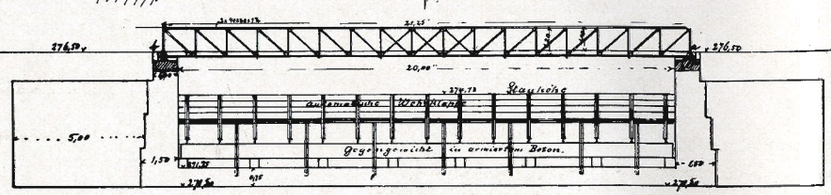
Ausgleichsweiher Leyersmühle.

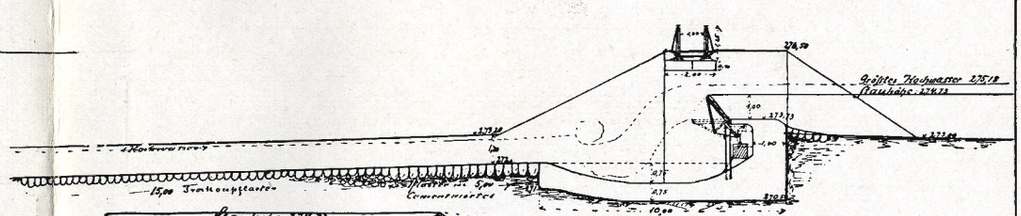


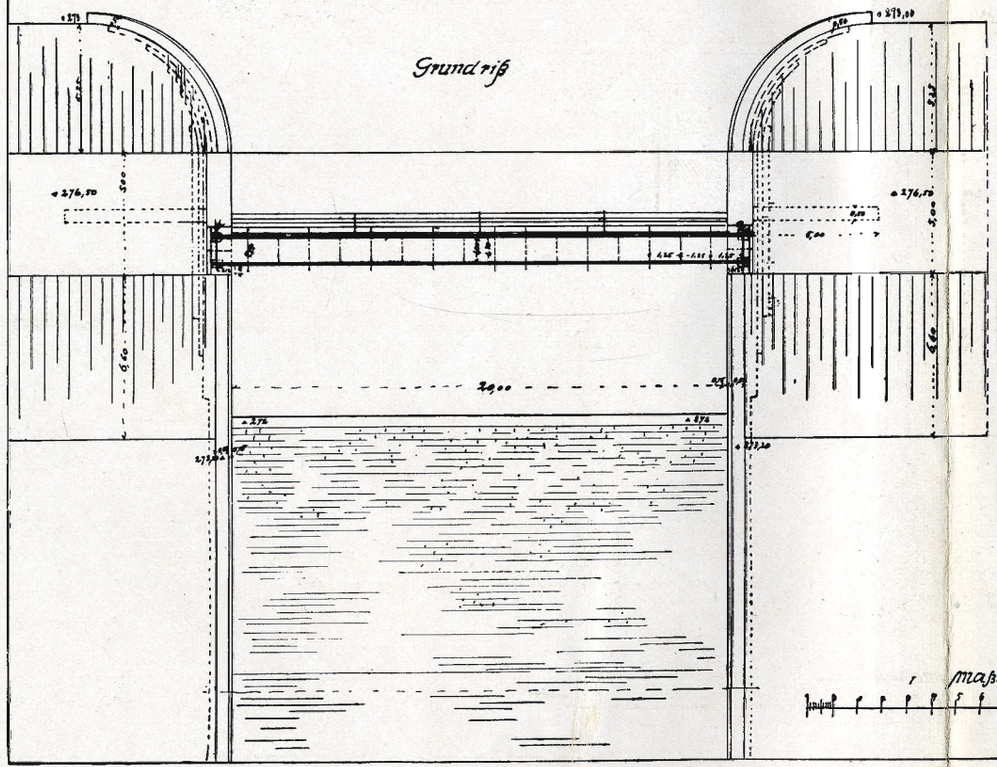
Längenschnitt

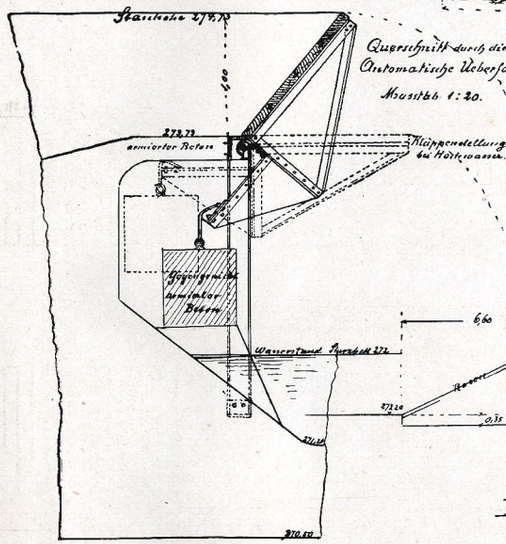
Bauzeichnung des Überfallwehres.

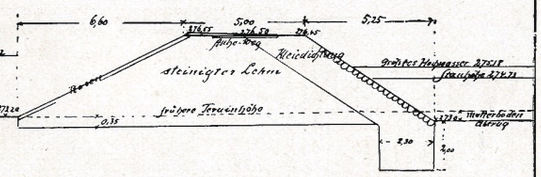
Querschnitt











Dammprofil

Steinbrechanlage – Lennep, am 1. März 1912

Für Wuppertalsperrengenossenschaft.
Der Vorsteher.

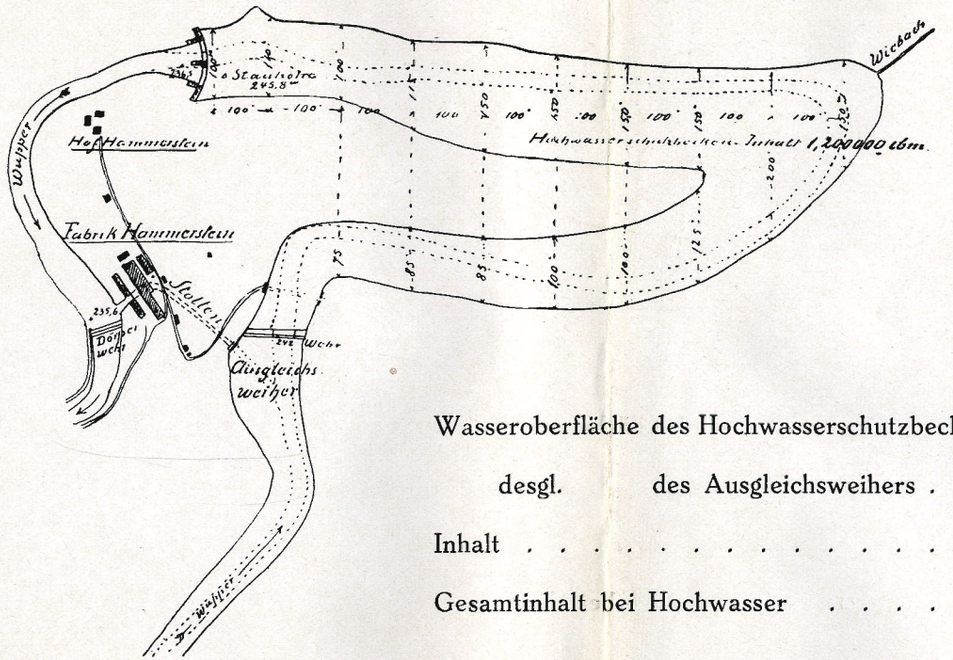
Der Bauführer.
Albert Schmidt

Maßstab: 1:100

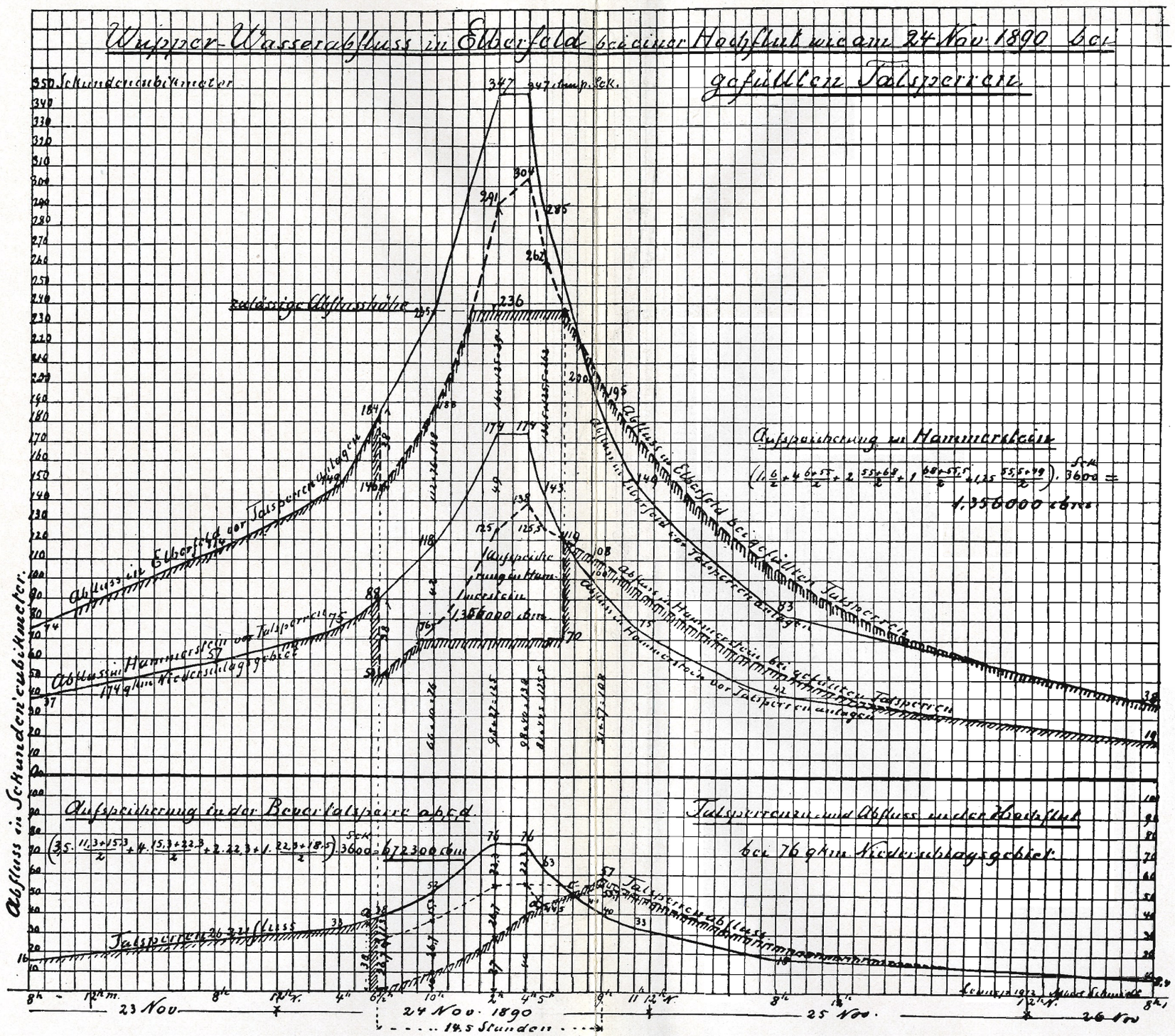
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 Meter

Hochwasserschutzbecken Hammerstein.

M. 1 : 5000.



Wasseroberfläche des Hochwasserschutzbeckens	=	203000 qm
desgl. des Ausgleichsweihers . . .	=	175000 qm
Inhalt	=	300000 cbm
Gesamtinhalt bei Hochwasser	=	1600000 cbm


Wupper-Wasserabfluss in Elberfeld bei einer Hochflut wie am 24 Nov. 1890 bei gefüllten Talsperren
Sekundencubikmeter
zulässige Abflusshöhe
Aufspeicherung in Hammerstein
1,356000 cbm
Abfluss in Elberfeld vor Talsperrenanlagen
Abfluss in Hammerstein vor Talsperren
174 qkm Niederschlagsgebiet
Aufspeicherung in der Bevertalsperre a,b,c,d.
672300 cbm
Talsperrenzu- und Abfluss in der Hochflut
bei 76 qkm Niederschlagsgebiet
Talsperrenzufluss
Talsperrenabfluss
Abfluss in Sekundencubikmeter
23 Nov.
24 Nov. 1890
25 Nov.
26 Nov.
14.5 Stunden

Grundriß.

Erweiterung der Bevertalsperre bei Hückeswagen.

Ansicht.

Querschnitt.

Schnitt a - b.

Schnitt c - d.

Maßstab für die Schnitte a. b. c. d

Maßstab für die ganze Ansicht Querschnitt

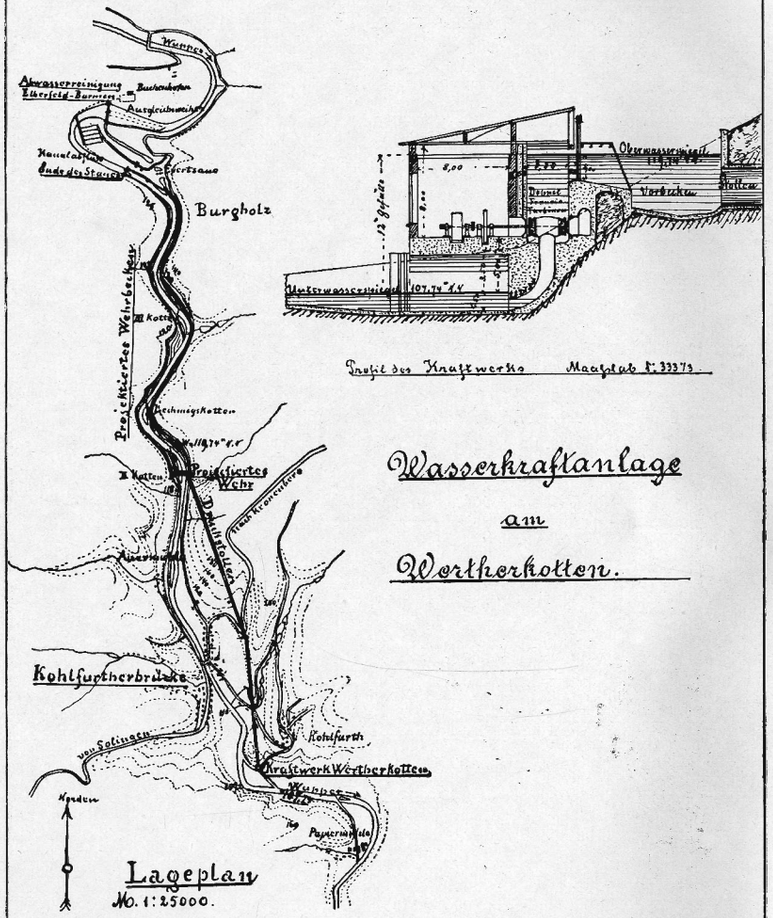
Neye-Talsperre.

Tafel XLIV.

Kerspe-Talsperre.

Tafel XLV.

Tafel XLVI

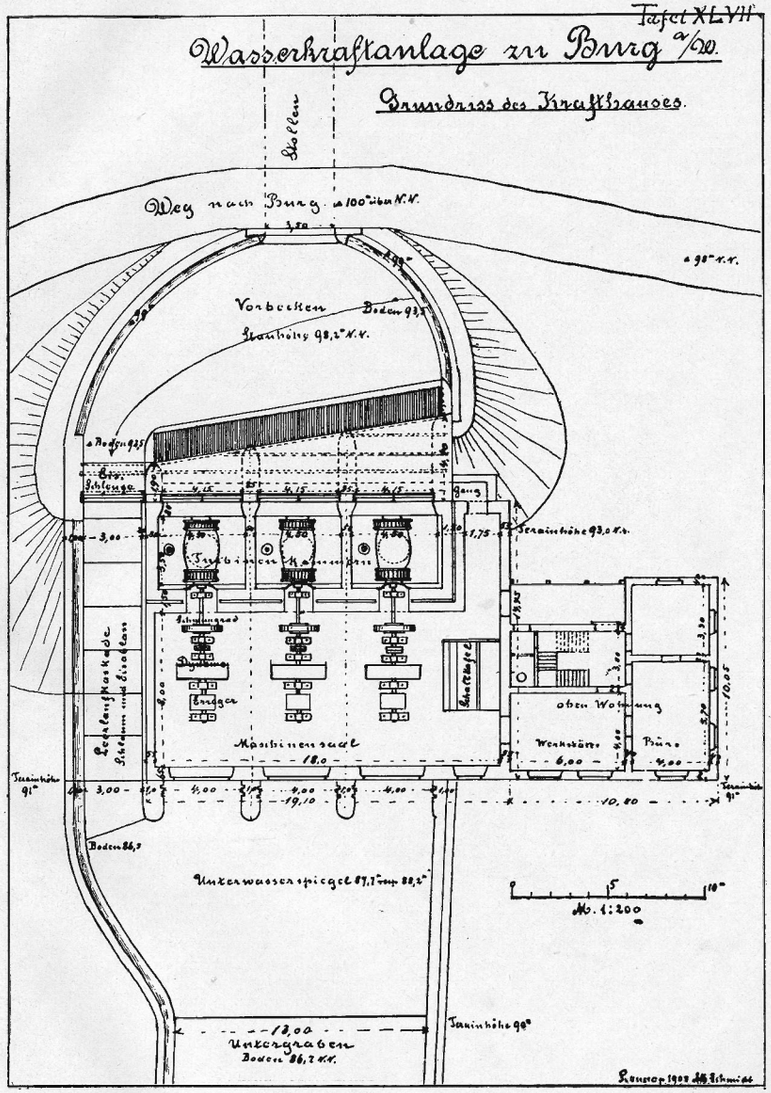


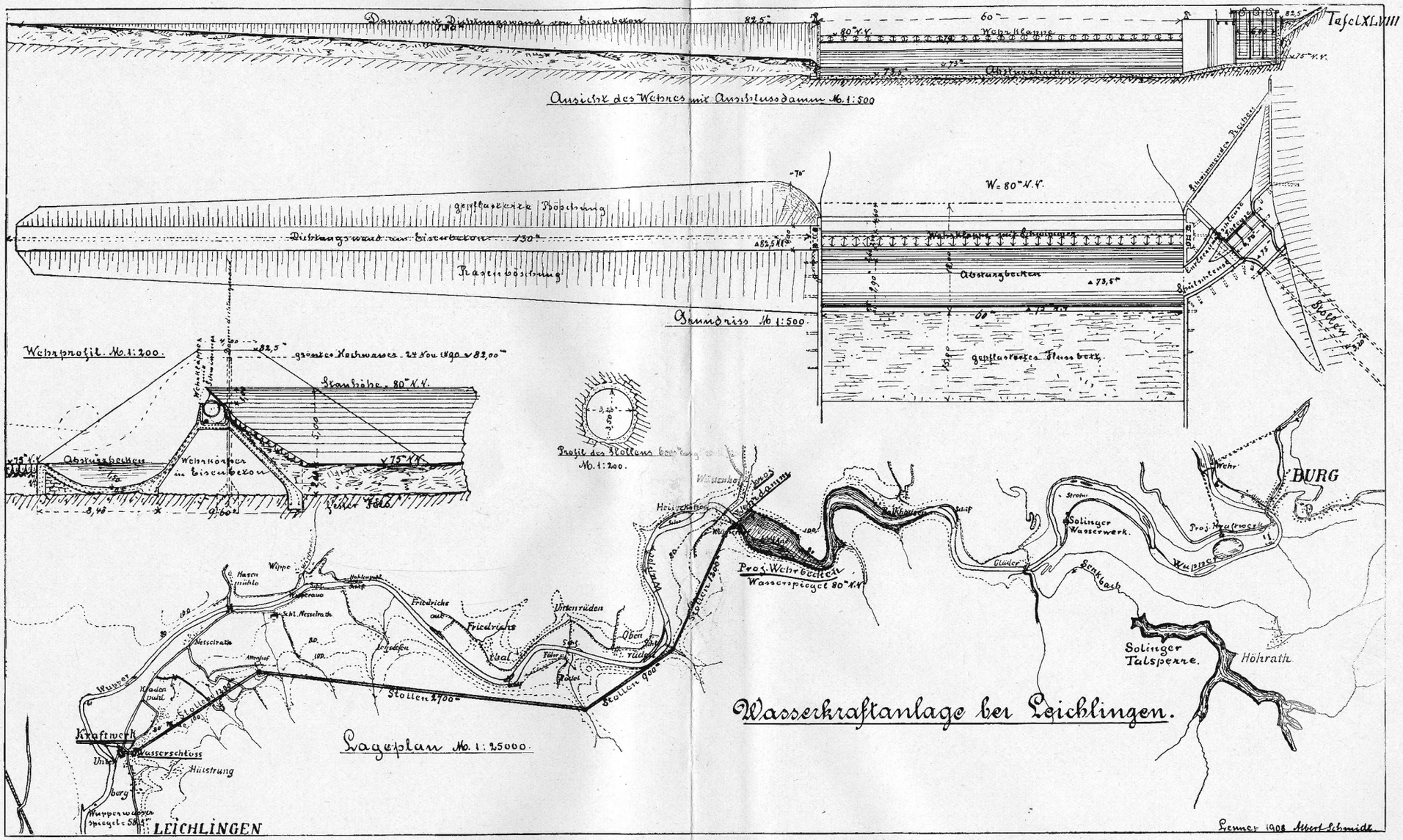
Wasserkraftanlage am Wertherkotten.

Tafel XLVII

Wasserkraftanlage zu Burg a/D.

Grundriss des Kraftbaues.

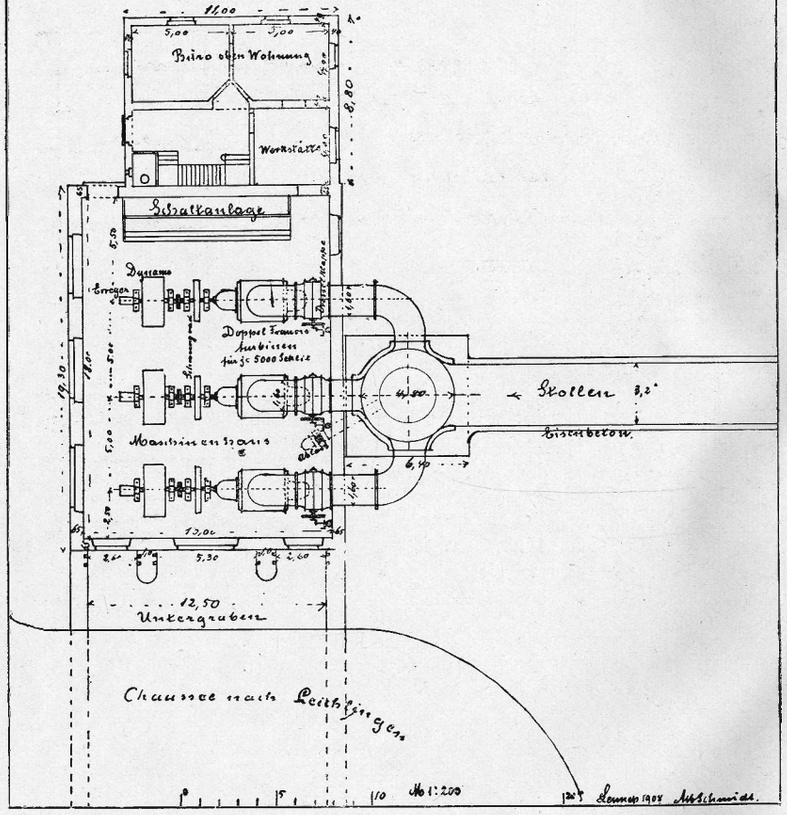



Tafel XLVIII
Damm mit Dichtungswand von Eisenbeton
Wehrklappe
Absturzbecken
Ansicht des Wehres mit Anschlussdamm M. 1:500
gepflasterte Böschung
Dichtungswand am Eisenbeton
Rasenböschung
W = 80m N.V.
Absturzbecken
gepflastertes Flussbett
Grundriss M. 1:500
Wehrprofil. M. 1:200.
Stauhöhe 80m N.V.
Absturzbecken
Wehrkörper in Eisenbeton
Profil des Stollens
M. 1:200.
Proj. Wehrbecken
Wasserspiegel 80m N.V.
Solinger Wasserwerk.
Solinger Talsperre.
Höhrath
BURG
Wupper
Kraftwerk
Wasserschloss
Hülstrung
LEICHLINGEN
Stollen 2700m
Stollen 900m
Lageplan M. 1:25000.
Wasserkraftanlage bei Leichlingen.
Lenner 1908 Albert Schmidt

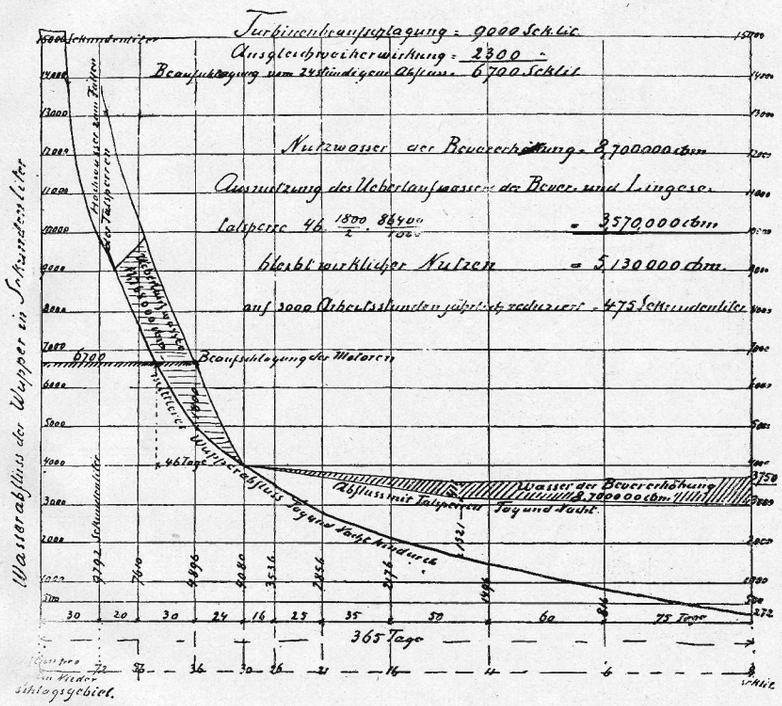
Tafel XLIX

Wasserkraftanlage bei Leichlingen.

Grundriss des KraftHauses.



Tafel L.



Schmidt,
Die
Wupper

Die Wupper

•••

Von
Albert Schmidt, Lennep

Zweite vermehrte Auflage

LENNEP
Verlag von R. Schmitz
1913