

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Armbruster-Veneti, Heinrich**

## **Ausgewählte Aspekte der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Geotechnik**

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102664>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Armbruster-Veneti, Heinrich (2002): Ausgewählte Aspekte der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Geotechnik. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 84. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 73-88.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# Ausgewählte Aspekte der Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Geotechnik

## ИЗБРАННЫЕ АСПЕКТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ ГЕОТЕХНИКИ

BDIR H. ARMBRUSTER-VENETI, BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU  
ДИПЛ.-ИНЖ. Х. АРМБРУСТЕР-ВЕНЕТИ, БАВ

### Содержание

- 1 ВВЕДЕНИЕ
- 2 СООРУЖЕНИЯ В РОССИИ
- 3 СООРУЖЕНИЯ В ГЕРМАНИИ
- 4 НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
- 5 СОТРУДНИЧЕСТВО В ЛИЧНОМ ПЛАНЕ

### 1 ВВЕДЕНИЕ

Сотрудничество в области геотехники многогранно и реализуется с участием целого ряда институтов и организаций.

С российской стороны участвуют:

- несколько кафедры Государственного Университета водных коммуникаций, С-Петербург (СПГУВК);
- кафедры Волжской Государственной Академии водного транспорта, (ВГАВТ), Нижний Новгород;
- российское управление водных путей с госпредприятием „Канал имени Москвы“ (в г.Москве), ГБУ „Волго-Балт“ (в С-Петербурге), Беломорско-Онежское ГБУ (в г. Медвежьегорске), Енисейское ГБУ (в г. Красноярске).

С немецкой стороны участвует Отдел геотехники БАВ с рефератами

- грунтовых вод и
- механики грунтов и береговой защиты.

В рамках сотрудничества исследовались как практические проблемы, связанные с сооружениями на месте, так и рассчитывались разными методами сложные вопросы выздоровления имеющихся и строительства новых сооружений. Для этого встречались российские коллеги в Германии и немецкие коллеги в России на обследованиях и консультациях. Ниже представляется ряд избранных сооружений.

### Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Bauwerke in Russland
- 3 Bauwerke in Deutschland
- 4 Wissenschaftliche Zusammenarbeit
- 5 Persönliche Zusammenarbeit

### 1 Einleitung

Die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Geotechnik ist vielfältig und wird von mehreren Institutionen getragen.

Diese sind von russischer Seite:

- Mehrere Institute der Staatlichen Universität für Wasserkommunikation St. Petersburg
- Institute der Staatlichen Wolga-Akademie für Wassertransport, Nischni-Nowgorod
- Die russische Wasserstraßenverwaltung, u. a. mit ihren Teilbereichen Moskau-Kanal (in Moskau), Wolga-Ostsee-Wasserstraße (in St. Petersburg), Weißmeer-Onega-Bassin-Verwaltung (in Medweshegorsk), Jenissei-Bassin (in Krasnojarsk).

Von deutscher Seite war die Abteilung Geotechnik der BAW mit ihren Referaten:

- Grundwasser und
- Erdbau und Uferschutz

vertreten.

Die Zusammenarbeit war sowohl auf die praktischen Probleme an Bauwerken vor Ort als auch auf die Art der Berechnung schwieriger Fragestellungen bei der Sanierung oder beim Neubau von Bauwerken bezogen. Dazu sind russische Kollegen in Deutschland und deutsche Kollegen in Russland zu Besichtigungen und Beratungen zusammengekommen. Im Nachstehenden werden einige ausgewählte Bauwerke vorgestellt.

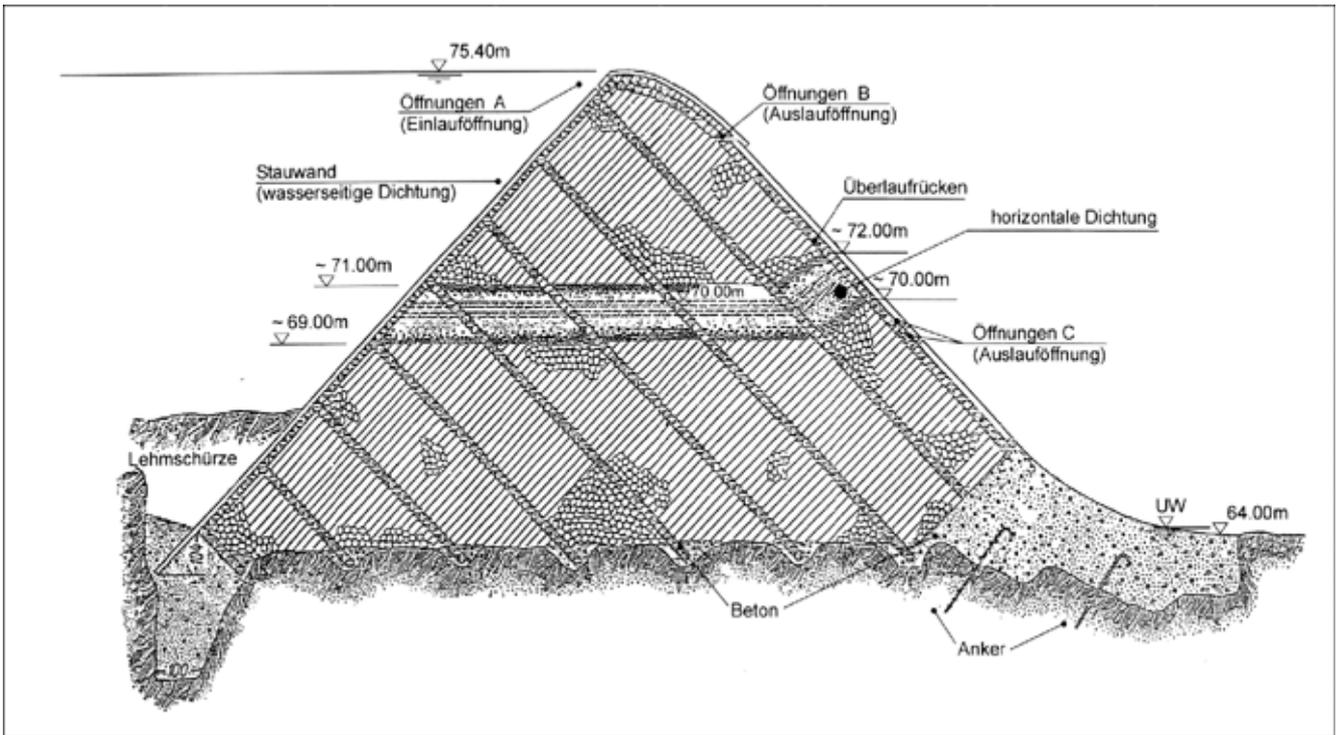


Bild 1: Querschnitt durch das Schwan-Wehr

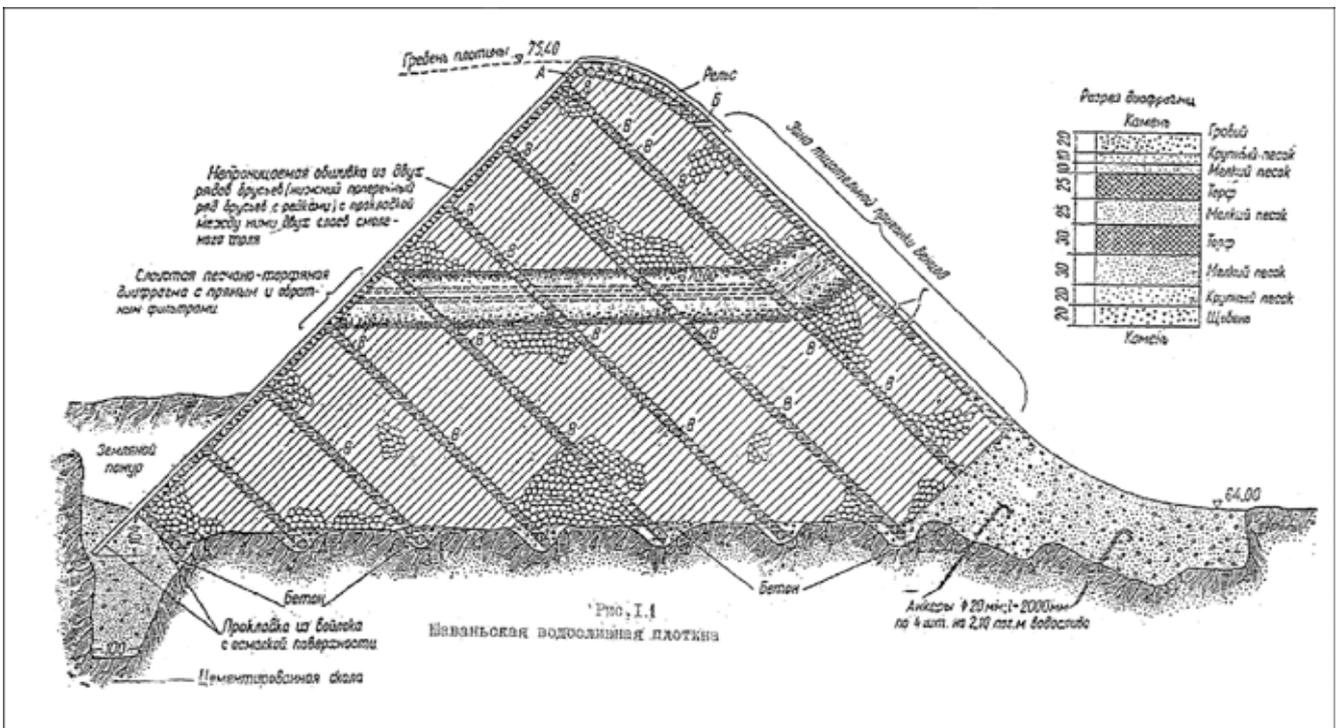


Рис. 1: Поперечное сечение шаванской плотины

## 2 СООРУЖЕНИЯ В РОССИИ

### 2.1 Обзор

Протяженность российских водных путей составляет ок. 100.000 км. Нам дали возможность оценить избранные гидросооружения, расположенные на водных путях европейской части России, а именно плотины, гидроэлектростанции и шлюзы на каналах, выполненные в качестве отдельных конструкций, а также длинных дамб подпорных сооружений на судоходных каналах.

### 2.2 Беломорско-Балтийский канал (ББК)

#### 2.2.1 Шаваньская плотина

Эта плотина номер 23 регулирует паводковые стоки реки Выг, которая впадает в канал в верхний бьеф этой плотины с напором ок. 12 м. Плотина построена на скальном основании в 1932 году в качестве деревянной ряжевой конструкции, заполненной камнем. Его конструктивное исполнение представляет уникальное высокое мастерство российской гидротехники, ведь при строительстве использованы фактически лишь местные материалы (камень, пески, торф), закрепленные наклонной балочной системой (рис. 1). При этом, как уплотняющий экран откоса с водяной стороны, так и водосброс с воздушной стороны откоса изготовлены из древесины. Во избежание гниения деревянные элементы затопляются водой тем, что со стороны верхнего бьефа плотины изготовлены входные отверстия, а с нижнего бьефа выходные, которые совместно с уплотняющим экраном обеспечивают целевое протекание воды через тело плотины.

Проведенные в 1991г. российскими специалистами исследования для оценки срока службы плотины были дополнены в 1996г. совместными измерениями и наблюдениями с целью новой оценки устойчивости сооружения. Измерительной программой были предусмотрены:

- замеры расхода фильтрационной воды;
- измерения скорости протекания воды испытаниями окруженной водой;
- испытание качества древесины косвенными методами (ударным устройством и измерением глубины проникания стальных шариков);
- наблюдения за фильтрационными явлениями при изменении уровня подпора с установкой фотокамеры в разных позициях (рис. 2 и 3).

Результат обследования отмечен в совместном отчете:

## 2 Bauwerke in Russland

### 2.1 Übersicht

Die russischen Wasserstraßen besitzen eine Länge von etwa 100.000 km, von denen nur wenige Wasserstraßen im europäischen Russland beispielhaft beurteilt wurden. Dabei handelte es sich sowohl um Wehre, Kraftwerke und Schleusen an Kanälen als Einzelbauwerke als auch um langgestreckte Dämme an Stauhaltungen und Kanälen.

### 2.2 Bereich Weißmeer-Ostsee-Kanal

#### 2.2.1 Schawan-Wehr

Dieses Wehr Nr. 23 reguliert den Hochwasserabfluss des Flusses Vyg, der in den Kanal im Oberwasser des Wehres bei einer Stauhöhe von etwa 12 m eingeleitet wird. Es ist als steingefülltes Holzkastenwehr 1932 auf Felsgestein gegründet worden. Seine Konstruktion ist ein einmaliges Zeugnis russischer Wasserbaukunst, weil praktisch nur natürliche Materialien benutzt wurden (Stein, Sand, Torf), die durch ein geneigtes Balkensystem (Bild 1) zusammengehalten werden. Dabei ist sowohl die Dichtung der wasserseitigen Böschung als auch der Überlaufrücken der luftseitigen Böschung aus Holz. Zur Vermeidung von Verrottung der Holzteile werden sie unter stehendem Wasser dadurch gehalten, dass im Oberwasser Einlauföffnungen und im Unterwasser Auslauföffnungen angebracht sind, die unter Beteiligung der Dichtung eine gezielte Durchströmung ermöglichen.

Die Untersuchungen der russischen Seite (1991) zur Abschätzung der Lebensdauer wurden 1996 durch gemeinsame Messungen und Beobachtungen ergänzt und die Standsicherheit neu bewertet. Das Messprogramm sah vor:

- Durchflussmessungen (Abfluss)
- Geschwindigkeitsmessungen (Durchströmung) mittels Farbversuch
- Holzgüteprüfung durch indirekte Methoden (Schlaggerät bzw. Eindringmessung von Stahlkugeln)
- Sickerstreckenbeobachtung bei Stauveränderung fotografisch von verschiedenen Kamerapositionen aus (Bilder 2 und 3).

Das Ergebnis der Untersuchungen ist in einem gemeinsamen Bericht festgehalten:

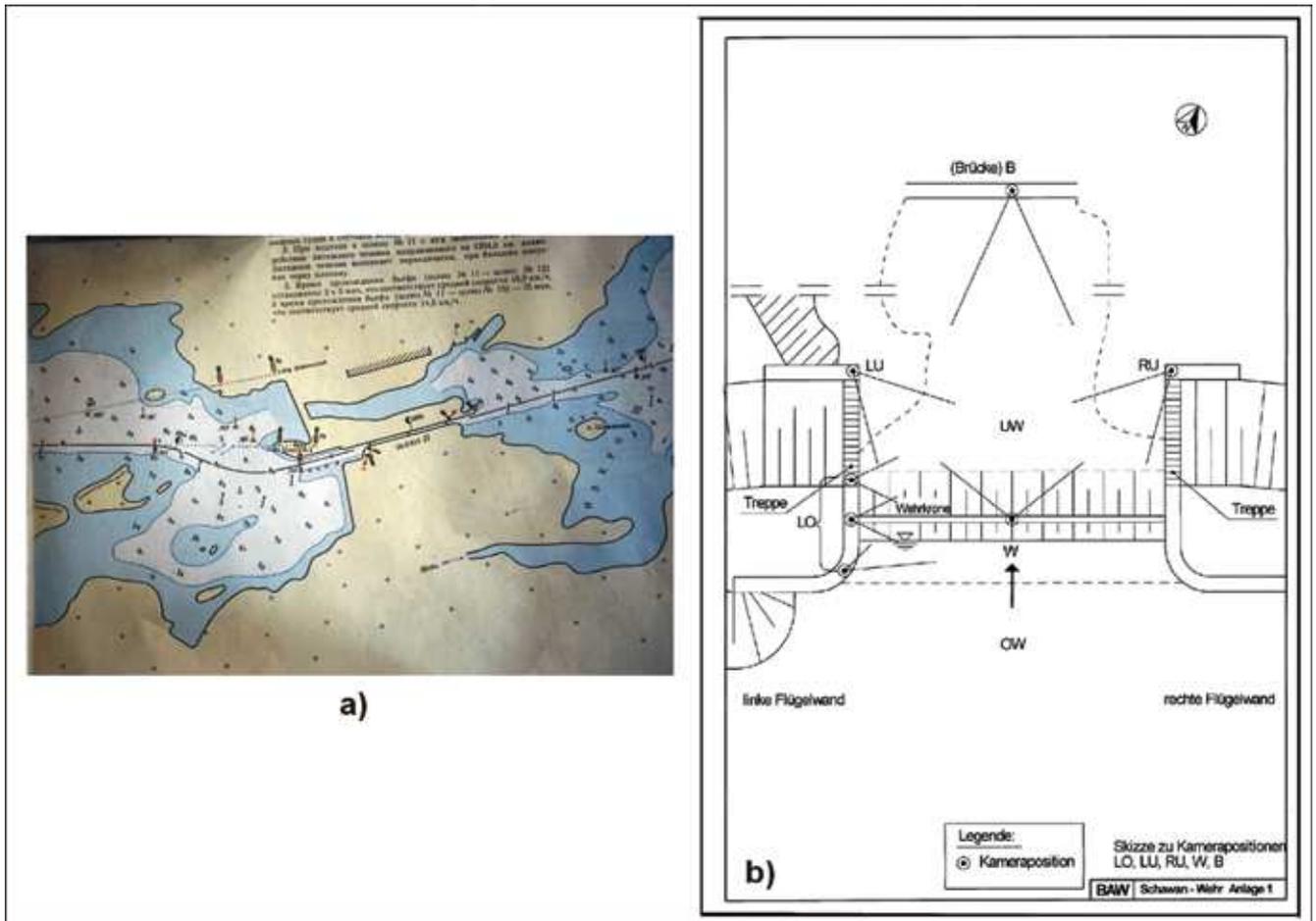


Bild 2: Lage des Schawan-Wehrs (a) und Lage der Kamerapositionen (b)

Рис .2: Схема шаваньской плотины (а) и места установки фотокамер (б)

- Срок службы плотины пока не исчерпан, т.е. сооружение может работать еще несколько лет без ремонта.
- На время до проведения ремонта предлагается проведение измерительной программы с документацией изменения ситуации конструктивных элементов;
- Представлены предложения по выздоровлению плотины.

### 2.2.2 Другие строительные сооружения и дамбы.

На участке ББК от шаванькой плотины на Север до Беломорска состоялся инспекционный рейс на служебном теплоходе ГБУ с оценкой имеющихся шлюзов, плотин и дамбовых участков без квантификации полученных данных.

- Die Lebensdauer ist noch nicht erschöpft, d. h. einige Jahre kann das Wehr noch ohne Sanierung stehen bleiben.
- Für die Zeit bis zur Sanierung ist ein Messprogramm vorgeschlagen, mit dem die Zustandsveränderungen dokumentiert werden können.
- Zur Sanierung des Wehres sind Vorschläge gemacht.

### 2.2.2 Andere Bauwerke und Dämme

Die Kanalstrecke vom Schawan-Wehr nach Norden bis Belomorsk wurde mit dem Boot bereist und dabei Schleusen, Wehre und die vorhandenen Dammstrecken begutachtet. Die Aussagen sind nicht weiter quantifiziert.



**Bild 3:** Durchströmung des Schwanen-Wehres (Abstau, Wiederaufstau) und Güteprüfung des Holzbaustoffs

**Рис. 3:** Фильтрация через тело шаваньской плотины (с понижением уровня и повторным его повышением) и испытание качества древесины

## 2.3 Канал имени Москвы

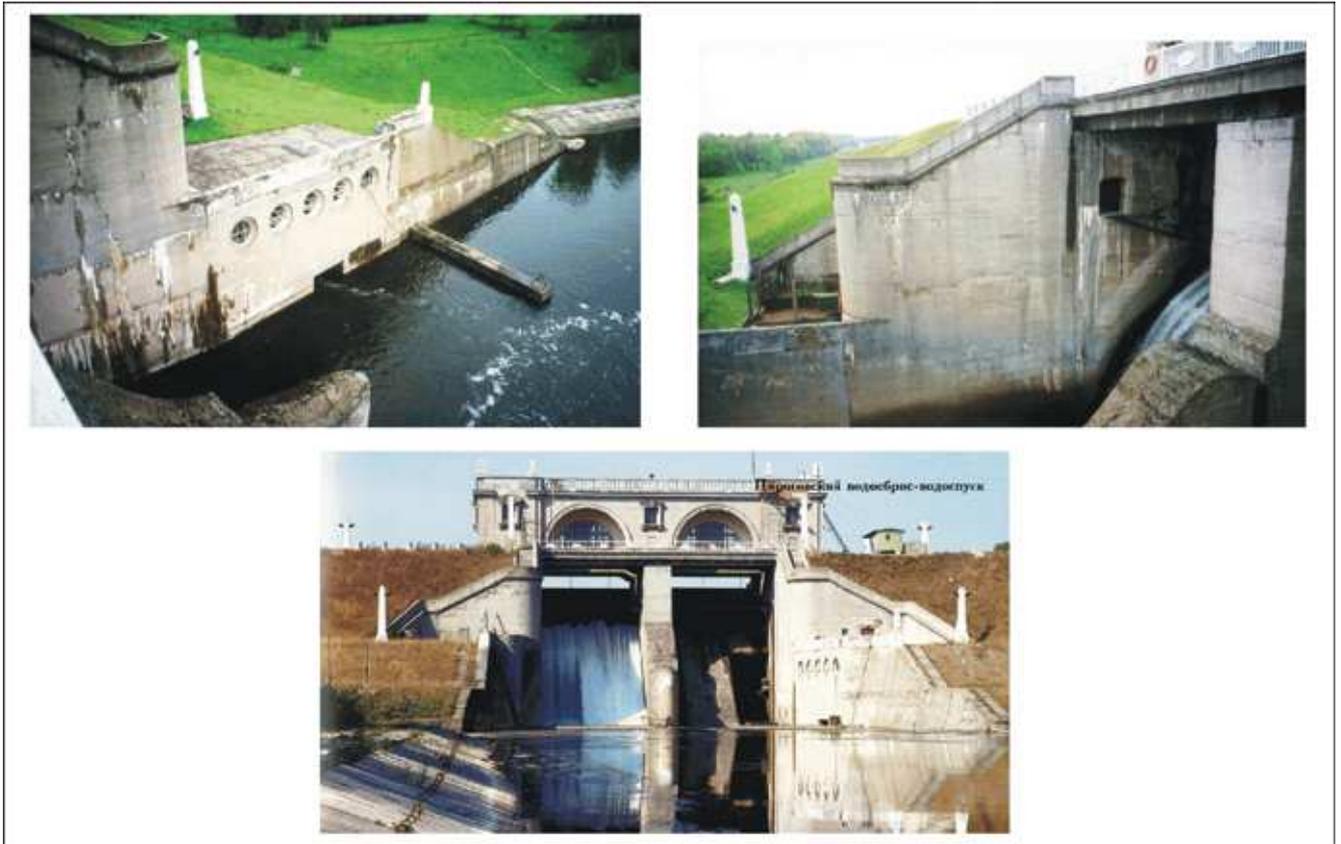
### 2.3.1 Пироговская плотина

Река Клязьма вблизи г.Москвы подпирается дамбой длиной ок. 1100 м, в состав которой входят гидроэлектростанция и водосбросное сооружение (плотина) с напором ок. 17 м. При этом плотина и ГЭС составляют единое целое (рис .4). Их материалы (стальные и бетонные конструкции, камень) были оценены специалистом отдела строительной техники БАВ. Геотехническая задача заключалась в том, чтобы определить характерные данные устойчивости сооружения для определения фильтрации под основание и обтекания конструкции (с обратными стенками), а также откосов и днища водопотока на выходе в целях оценки устойчивости. В случае недостаточной устойчивости должны были бы разработаны предложения по выздоровлению сооружения.

## 2.3 Bereich Moskau-Kanal

### 2.3.1 Das Pirogowski-Wehr

Der Fluss Kljasma in der Nähe von Moskau wird durch einen etwa 1100 m langen Damm gestaut, in den ein Kraftwerk und eine Hochwasserentlastungsanlage (Wehr) integriert sind, die eine Wasserspiegeldifferenz zum Unterwasser von etwa 17 m aufweisen. Wehr und Kraftwerk bilden dabei eine Einheit (Bild 4), deren Materialien (Stahl, Beton, Stein) von der Abteilung Bautechnik begutachtet wurden. Die Aufgabe der Geotechnik bestand darin, die standsicherheitsrelevanten Daten für die Berechnung der Unter- und Umströmung des Bauwerks (besitzt Flügelmauern) und der mit Betonplatten bedeckten Unterwasserauslaufböschungen und –sohle festzustellen und damit die Standsicherheiten zu bewerten. Für den Fall nicht ausreichender Standsicherheiten sollten Vorschläge zur Sanierung gemacht werden.



**Bild 4:** Wehr und Kraftwerk am Pirogowski-Staudamm  
*Рис. 4:* Плотина и ГЭС пироговской водоподпорной дамбы

В связи с неоднородными геологическими условиями на месте сооружения (мощные ледниковые седиментации четвертичной системы под глинистыми песками и моренными суглинками по стороне долинного откоса) и из-за близости к склону долины возникли уже затруднения при строительстве, вызванные, прежде всего, напорным вторым горизонтом грунтовых вод. Проведенные на протяжении многих лет измерения уровней грунтовых вод показывали высокие напоры вод под и за сооружением, которые отрицательно сказывались, в первую очередь на расположенные на склоне долины откосы и на выходящий водопоток. Кроме того много лет наблюдаются места накопления излишней воды в откосах и окружающей местности.

Анализ проведенных на месте измерений и расчетов подтверждает, что реализованная разгрузка напорных грунтовых вод скважинами правильна и необходима. Соответствующая экспертиза была разработана на месте и подготовлены предложения по выздоровлению сооружения. Проведенные впоследствии в БАВ расчеты показывают действенность отдельных предлагаемых мер (см. п. 2.3.2).

Die komplexe Geologie des Standorts (mächtige quartäre Gletscherablagerungen unter schluffigen Sanden und Moränenlehmböden an der Talflanke) und die Nähe des Bauwerks zum Talhang ließen schon beim Bau Probleme auftreten, die vor allem durch den gespannten zweiten Grundwasserhorizont verursacht wurden. Die langfristig durchgeführten Wasserstandsmessungen zeigten hohe Wasserdrücke unter und hinter den Bauwerken, die vor allem die Böschungen des Talhangs und des Flusses im Ablauf gefährdeten. Außerdem wurden seit Jahren Vernässungen in den Böschungen und im Gelände beobachtet.

Das Studium der Messungen und der vorhandenen Berechnungen bestätigte vor Ort die Notwendigkeit der schon vorgenommenen Entlastung des Druckwassers durch Brunnen. Entsprechend wurde eine Stellungnahme vor Ort erarbeitet und Vorschläge zur Sanierung gemacht. Spätere Berechnungen in der BAW zeigten die Wirkung der einzelnen Maßnahmen (siehe 2.3.2).

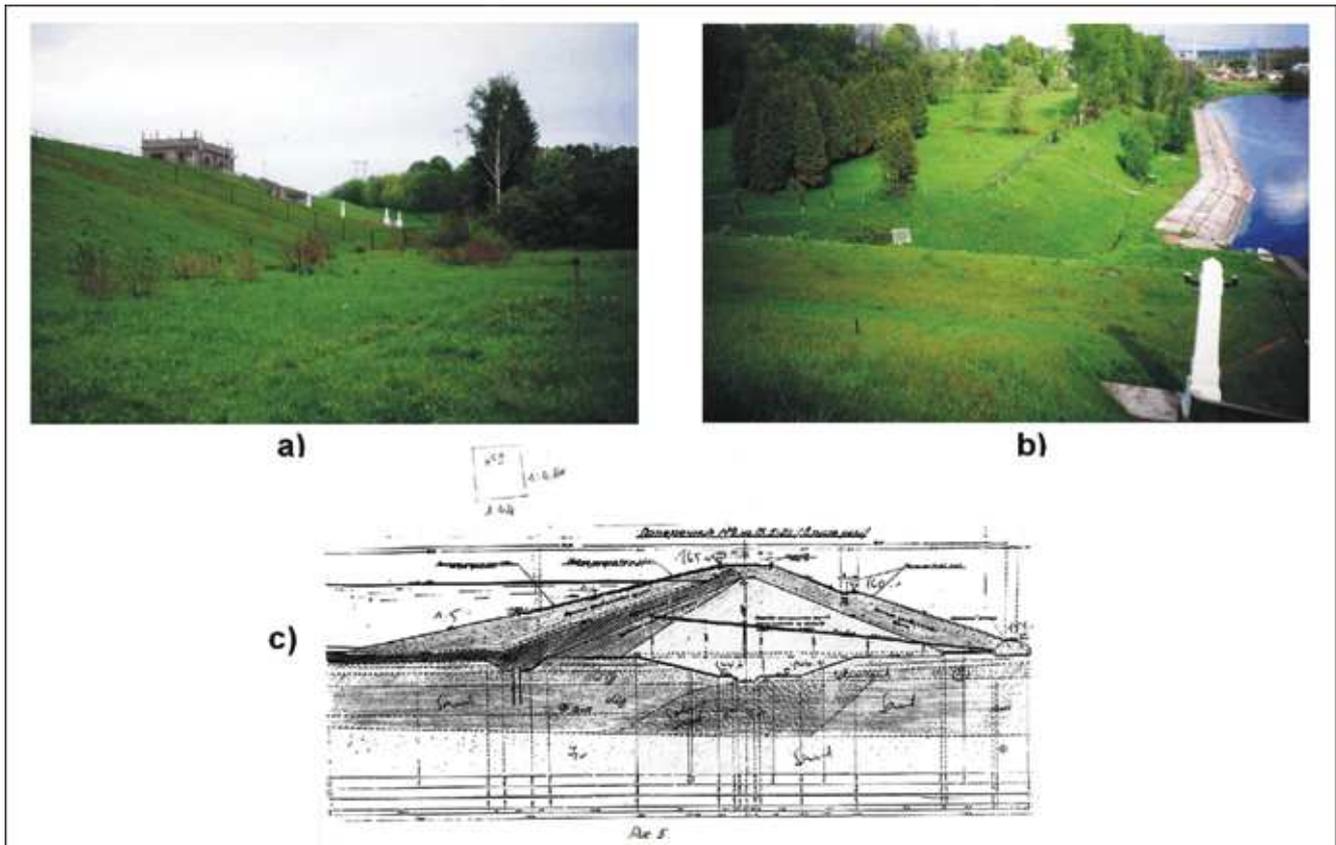


Bild 5: Pirogowski-Staudamm (a), Blick auf Talflanke (b) und Querschnitt Nr. 9 (c)

Рис. 5: Пироговская дамба (а), вид долинного склона (б) и поперечное сечение нр. 9 (в)

### 2.3.2 Пироговская водоподъемная дамба

Приведенная выше дамба длиной ок. 1100 м, в которую входит плотина (рис. 5), также получила оценку. Для этого впоследствии исследовались на моделях грунтовых вод характерные поперечные сечения дамбы с различной структурой и разными условиями основания в целях определения устойчивости настоящего состояния и будущего состояния после выздоровительных мероприятий (рис 6). Предлагаемые варианты по выздоровлению сооружения различаются друг от друга видом дополнительного уплотнения, размещением и мощностью разгрузочных вмешательств и перестраиваемым откосом в нижнем бьефе.

### 2.4 Волго-Балтийский водный путь, Шексненский гидроузел

Шексненский гидроузел расположен ок. 600 км восточнее г.С-Петербурга на ВБВП. Верхний бьеф его подпирается дамбой, в состав которой входят гидроэлектростанция и две шлюзовые камеры. Нижний бьеф также является

### 2.3.2 Der Pirogowski-Staudamm

Der schon erwähnte Staudamm mit etwa 1100 m Länge, in den das Wehr integriert ist (Bild 5), wurde ebenfalls begutachtet. Dazu wurden nachträglich mehrere Querschnitte, die unterschiedlichen Dammaufbau und unterschiedliche Untergrundverhältnisse aufweisen, auf ihre Standsicherheit im jetzigen Zustand und im sanierten Zustand mit Hilfe von Grundwassermodellen untersucht (Bild 6). Die Sanierungsvarianten unterschieden sich durch die Art der zusätzlichen Dichtung, der Lage und Kapazität von Entlastungen und dem Umbau der Böschung im Unterwasser.

### 2.4 Wolga-Ostsee-Wasserstraße, Staustufe Scheksna

Die Scheksna-Staustufe liegt ca. 600 km östlich von St. Petersburg am südlichen Ende der Scheitelhaltung der Wolga-Ostsee-Wasserstraße. Das Oberwasser wird durch einen Damm gestaut, in den das Kraftwerk und zwei Schleusen integriert sind. Das Unterwasser ist wiederum ein Stausee, weshalb die Spiegeldifferenzen zwischen 8,5 und 15 m schwanken. Der Untergrund ist stark geschichtet und besitzt in größerer Tiefe einen hohen

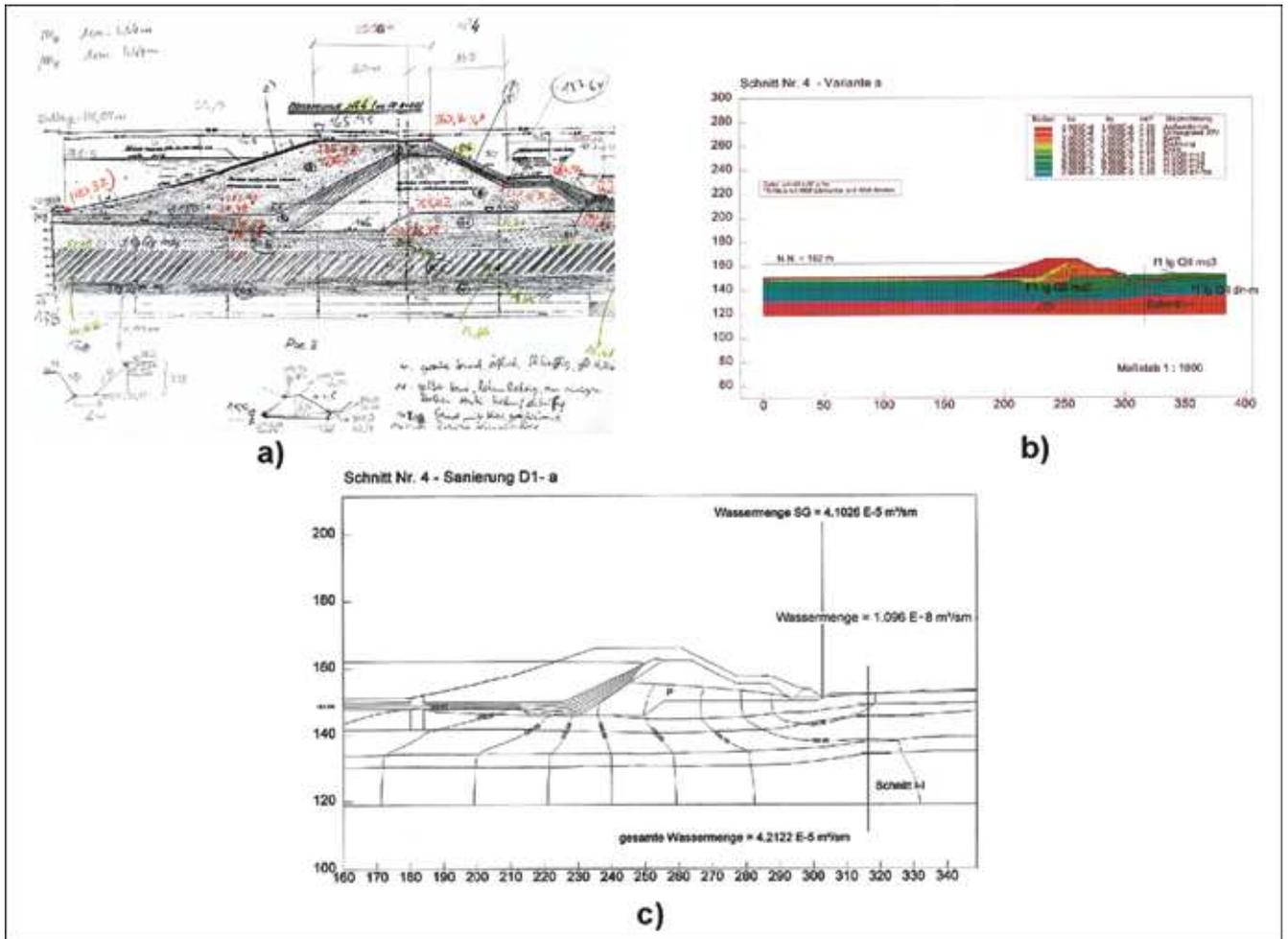


Bild 6: Pirogowski-Staudamm - Schnitt Nr. 4 (a), Netzaufbau des Grundwassermodells (b) und Potenzialnetz einer Sanierungsvariante (c)

Рис. 6: Пироговская дамба - сечение нр. 4 (а), построение решеток модели грунтовых вод (б) и сеть потенциалов варианта выздоровления сооружения (в)

водохранилищем, в связи с чем разность уровней воды колеблется в диапазоне 8,5 - 15 м. Основание неоднородное и имеет в определенных глубинах большие местные гипсовые включения. Существует только естественный уплотняющий слой, так что наблюдается относительно большое количество фильтрационной воды, что однако было учтено с самого начала строительства. Потери воды от водораздела отрицательных влияний не оказывают в связи с наличием многочисленных притоков. Течение грунтовых вод определяется глубоким гипсонасыщенным потоком и потоком фильтрационной воды с верхнего бьефа на нижний. Установлены целый ряд скважин для наблюдения грунтовых вод, которые обеспечивают отличную систему надзора. Во время строительства второй шлюзовой камеры отметилось заметное ухудшение потоков грунтовых вод так, что можно было бы опасаться попадание фильтрационной воды в гипсовые включения под основанием, что привело бы к выщелачиванию

Гипсgehalt. Es ist nur eine natürliche Dichtung vorhanden, sodass ein relativ hoher Sickerwasseranfall zu beobachten ist, der jedoch beim Bau von vornherein eingeplant war. Wasserverluste der Scheitelhaltung sind ohne Auswirkungen, da es zahlreiche Zuflüsse gibt. Die Grundwasserströmung wird bestimmt durch einen tiefen gipsgesättigten Grundwasserstrom und einen Sickerwasserstrom des Oberwassers zum Unterwasser. Es sind zahlreiche Grundwasserbeobachtungsbrunnen vorhanden, die eine hervorragende Überwachung erlauben. Während des Baus der zweiten Schleuse wurden die Grundwasserströme signifikant beeinflusst, sodass befürchtet wurde, dass Sickerwasser bis in die gipshaltigen Bodenschichten gelangt und zu Auslaugungen führt. Aufgabe der BAW war es, zusammen mit russischen Kollegen das Risikopotenzial bezüglich der Durchströmung des Damms und des Untergrunds zu bewerten. Die Bestandsaufnahme vor Ort und die Messungen aus jüngerer Zeit ergaben ein positives Bild: Der Sickerwasserstrom gelangt offensichtlich nicht bis in größere Tiefen, sodass Auslaugungen nicht zu befürcht-

грунта. Задача БАВ заключалась в том, чтобы совместно с российскими коллегами разработать экспертизу по рискованным фильтрационным потенциалам дамбы и основания. Определение состояния на месте и проведенные в последнее время измерения дают положительную картину: Поток фильтрационной воды в большие глубины очевидно не попадает и тем самым не грозит выщелачивания грунта. Проведенные БАВ и СПГУВК расчеты подтверждают правильность первых итогов. Но было отмечено, что дренажная система под основанием гидроэлектростанции не отвечает заданным требованиям, в связи с чем предложено провести дополнительные исследования устойчивости и измерения.

## 2.5 Другие водные пути

На других водных путях исследовались также гидросооружения (прежде всего шлюзы) и соответствующие проблемы обсуждались с ответственными коллегами из России.

## 3 СООРУЖЕНИЯ В ГЕРМАНИИ

### 3.1 Обзор

Германские внутренние водные пути протяженностью ок. 7400 км гораздо короче, чем российские, но отмечаются примерно те же самые проблемы. Многочисленные сооружения и дамбовые участки исследовались совместно с российскими коллегами, причем взаимным поделением опыта удалось лучше решить имеющиеся проблемы. Ниже проводятся на примерах только гидросооружения, расположенные на Верхнем Рейне и Среднегерманском канале.

### 3.2 Проблемы на Верхнем Рейне

#### 3.2.1 Гидроузел Иффецхайм

На километре Рейна 324 По одной оси расположены (с Запада на Восток) плотина, заградительная дамба, ГЭС, судоходный шлюз и автомагистральные мосты данного гидроузла. При этом госграница между Францией и Германией проходит через заградительную дамбу. Сооружение построено в период 1974-1977 гг. без закрытия судоходства. Это удалось благодаря строительству по обеим сторонам реки двух котлованов (отдельного котлована для плотины, другого для шлюза и ГЭС) (рис. 7). По завершении строительных работ в обоих котлованах опорная часть заградительной дамбы засыпалась поперек руслу Рейна, создавая тем самым барьер и воды

ten sind. Berechnungen der BAW und der russischen Universität bestätigten die ersten Auswertungen. Jedoch wurde festgestellt, dass das Dränsystem unter der Kraftwerksgründung nicht dem Sollzustand entspricht, weshalb ergänzende Standsicherheitsuntersuchungen und zusätzliche Messungen angeregt wurden.

## 2.5 Andere Wasserstraßen

Auch an weiteren Wasserstraßen wurden Bauwerke (vor allem Schleusen) besichtigt und mit den verantwortlichen Kollegen die vorhandenen Probleme diskutiert.

## 3 Bauwerke in Deutschland

### 3.1 Übersicht

Die deutschen Binnenwasserstraßen sind mit einer Länge von etwa 7.400 km naturgemäß wesentlich kürzer als die russischen, haben aber vergleichbare Probleme. Viele Bauwerke und Dammstrecken wurden mit den russischen Kollegen gemeinsam besichtigt, wodurch gegenseitig die Erfahrungen zum Lösen von Problemen genutzt werden konnten. Im Folgenden werden allerdings nur Bauwerke am Oberrhein und am Mittellandkanal exemplarisch erwähnt.

### 3.2 Probleme am Oberrhein

#### 3.2.1 Hauptbauwerke der Staustufe Iffezheim

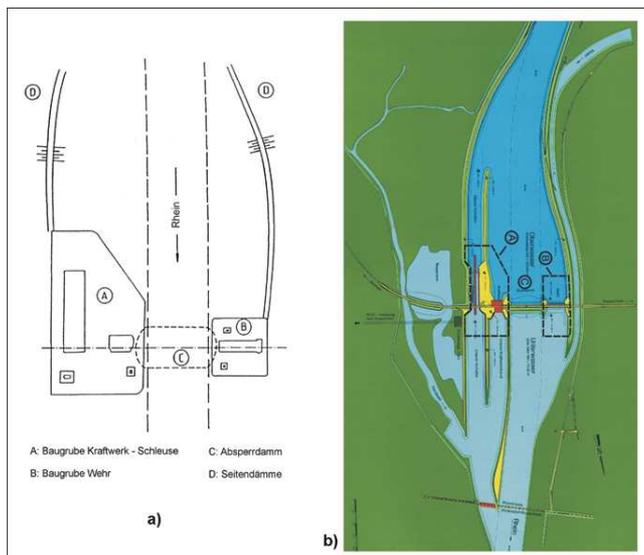
Auf der Achse Rhein-km 334 liegen (von West nach Ost) die Bauwerke Wehr, Absperrdamm, Kraftwerk, Schleuse und Straßenbrücken, wobei die Staatsgrenze Frankreich/Deutschland durch den Absperrdamm verläuft. Der Bau wurde 1974 bis 1977 errichtet, ohne dass die Schifffahrt unterbrochen werden musste. Dies gelang durch die Anlage zweier Einzelbaugruben (Wehr extra, Schleuse und Kraftwerk zusammen) beidseits des Flusses (Bild 7). Nach Fertigstellung der Bauwerke in den Einzelbaugruben wurde der Stützfuß des Absperrdamms quer in den Rhein als Barriere geschüttet und dadurch die fertigen Bauwerke jeweils durchströmt. Der Aufstau des Flusses erfolgte durch die langsame Aufschüttung des Absperrdamms und der Seitendämme, wobei der Schleusentempel der beiden Kammern ständig umgebaut werden musste. Der sehr durchlässige Untergrund erzwang eine sehr umfangreiche Grundwasserabsenkung, die trotz Bau von tiefen Baugruben- und Bauwerkswänden (bis 30 m unter späteren Stauspiegel) eine Beeinflussung des Grundwassers über mehrere Kilometer bewirkte.

реки проходили через готовые отдельные сооружения. Подпор реки произошел по мере медленной засыпки заградительной дамбы и боковых дамб. При этом пришлось постоянно перестраивать пороги обеих шлюзовых камер. В связи с довольно водопроницаемым основанием было необходимо большое понижение уровня грунтовых вод, что несмотря на строительство глубоких стенок котлованов и гидросооружений (доходящих до 30 м ниже конечного уровня подпора) влияло на режим грунтовых вод на несколько километров.

### 3.2.2 Рыбопропускное сооружение гидроузла Иффецхайм

33 года после пуска в эксплуатацию этого гидроузла было построено дополнительно сооружение для подъема всякого рода рыб, прежде всего лососевых. Рыбопропускное сооружение было встроено в часть сооружения ГЭС и часть заградительной дамбы (рис. 8), что было связано с большим риском для находящихся под напором сооружений гидроузла. Эта рыбная лестница (наибольшая в Европе) имеет в нижнем бьефе три разных входа для рыбы, которая, плывя против течения попадает в рыбораспределительный бассейн. От вида течения (называемого „привлекательным течением“) и от размера входного отверстия зависит, какая рыба (в том числе и речные животные) попадет через какой вход в распределительный бассейн, где начинается собственная рыбная лестница с 33 ступенками. Требуемое привлекательное течение (ок. 10 м<sup>3</sup>/ч) приводит в действие малую турбину мощностью 3,3 гВтч/а, что в противном случае потерялось бы для ГЭС. Гидротехническими проблемами были:

- строительство турбины в зоне фильтрации заградительной дамбы;
- строительство рыбораспределительного бассейна в стенке здания ГЭС;
- прорыв пяти отверстий (3 отверстия в сторону нижнего бьефа, а 2 - в сторону верхнего бьефа) через метровый бетон стенки здания ГЭС против напора водных масс;
- подведение фундамента под федеральную автомагистраль с большой интенсивностью дорожного движения для создания рыбной лестницы и сливной трубы турбины;
- перенесение имеющихся сооружений, напр. ледяного канала;
- изменение поля течения в результате встроения сооружений при опасности суффозии основания.



**Bild 7:** Lageplan der Staustufe Iffezheim – Situation zur Bauzeit (a) und im Endzustand (b)

**Рис. 7:** Схема гидроузла Иффецхайм на Верхнем Рейне - ситуация в стадии строительства (a) и окончное состояние (б)

### 3.2.2 Fischpass im Bereich der Staustufe Iffezheim

33 Jahre nach der Inbetriebnahme der Staustufe wurde ein zusätzliches Bauwerk fertiggestellt, ein Aufstiegsbauwerk für Fische aller Art, vor allem für Lachse. Der Fischpass wurde in Teile der Bauwerke Kraftwerk und Absperrdamm nachträglich eingebaut (Bild 8), womit enorme Risiken für die bestehenden (durchströmten) Bauwerke verbunden waren. Die Fischtreppe (es ist die größte in Europa) besitzt im Unterwasser drei verschiedene Eingänge für Fische, die gegen den Wasserstrom schwimmend in ein Verteilbecken gelangen. Die Art dieser Strömung (Lockstrom genannt) und die vom Fluss erzeugte Strömung an der Eintrittsöffnung ist maßgebend, welcher Fisch (und auch das Makrozoobenthos) durch welchen Eingang ins Verteilbecken gelangt, wo die eigentliche Treppe mit 33 Höhenstufen beginnt. Der notwendige Lockstrom (~ 10 m<sup>3</sup>/h) treibt gleichzeitig eine kleine Turbine der Leistung 3,3 GWh/a an, die sonst dem Kraftwerk verloren ginge. Die bautechnischen Probleme waren:

- Gründung einer Turbine im Bereich einer Durch- und Unterströmung im Absperrdamm
- Gründung eines Verteilbeckens in der Kraftwerkswange
- Durchbruch von 5 Öffnungen (3 im UW, 2 im OW) in meterdickem Beton der Kraftwerkswangen gegen den vorhandenen Wasserdruck
- Unterfangung einer stark befahrenen Bundesstraße für Fischtreppe und Ablaufrohr der Turbine
- Verlegung vorhandener Anlagen (z. B. Eiskanal)

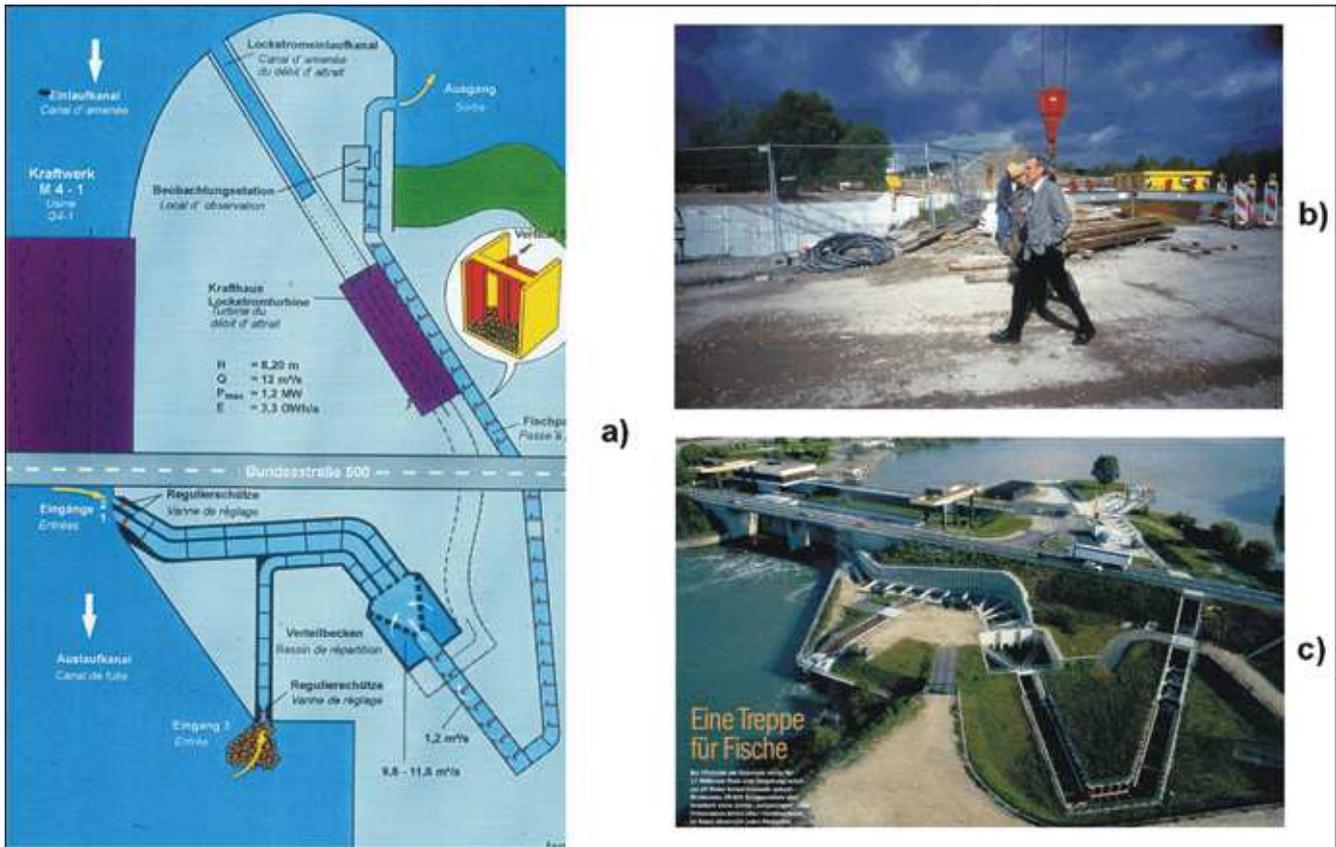


Bild 8: Fischpass Iffezheim – Lage (a), Baustelle (b) und Draufsicht (c)

Рис. 8: Рыбопропускное сооружение гидроузла Иффещхайм - размещение (а), стройплощадка (б) вид сверху (в)

Во время строительства реализовалась большая измерительная программа с наблюдением уровней грунтовых вод, замерами температуры и деформаций, которая и по завершении строительства продолжает работать (напр. световодные и температурные измерения).

**3.2.3 Боковые дамбы Рейна**

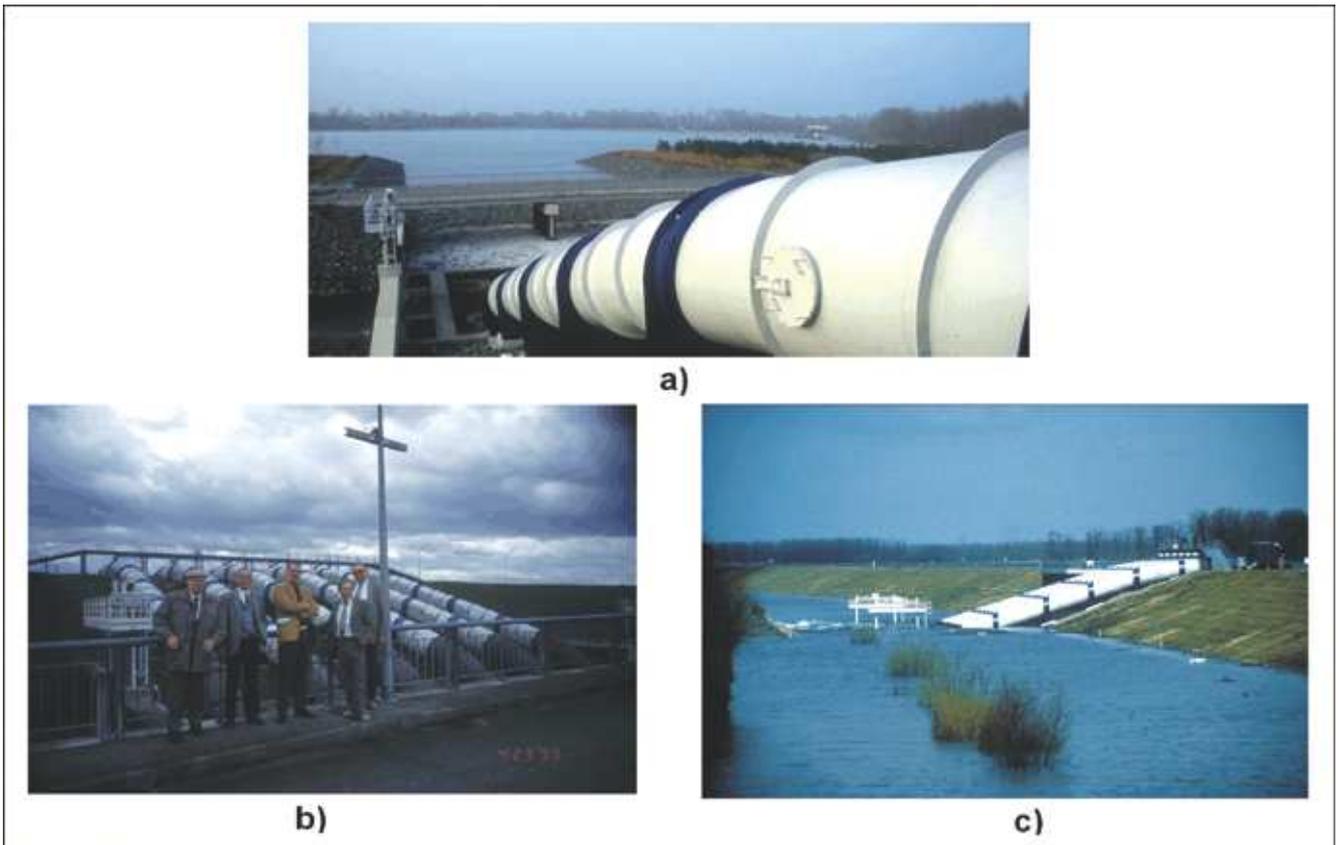
Боковые дамбы подпертого бьефа Иффещхайм проходят по обе стороны реки длиной ок. 25 км. Они оснащены уплотняющим ядром, примыкающим к стенке, построенной до возведения дамбы. В связи с частично неправильно построенными уплотняющими ядрами и неоднородностью грунта основания возникли места фильтрации, которые уже устранены. На километраже 330 по левому берегу на дамбу насажено водозаборное устройство (сифон) (рис. 9), которое при паводке обеспечивает наполнение расположенного рядом с Рейном водохранилища для аккумуляции паводка. При этом, однако, дамба подпирается также с воздушной стороны. Здесь возникают проблемы для дамбы воздействием динамических

- Veränderungen eines Strömungsfeldes durch Einbauten bei suffusionsgefährdetem Untergrund.

Während der Bauzeit wurde ein umfangreiches Messprogramm installiert und beobachtet (Grundwasserstands- und Temperaturmessungen, Verformungsmessungen), das auch nach Fertigstellung noch messen wird (z. B. Lichtwellenleiter für Temperaturmessungen).

**3.2.3 Rheinseitendämme**

Die Seitendämme der Haltung Iffezheim sind beidseitig etwa 25 km lang. Sie sind mit einer Kerndichtung versehen, die an eine vor dem Bau des Damms gebaute Schmalwand anschließt. Auf Grund teilweiser nicht sachgemäß gebauter Dichtkerne und Inhomogenitäten des Untergrunds sind Sickerstellen entstanden und saniert. Bei km 330 ist auf dem linken Ufer eine Wasserentnahmevorrichtung (Heber) auf den Damm aufgesetzt (Bild 9), die bei Hochwasser im Fluss die Füllung eines Rheinparallel angelegten Hochwasserbeckens erlaubt, wobei allerdings der Seitendamm auch von der Luftseite eingestaut wird. Probleme für den Damm entstehen hier durch die dynamischen Lasten bei der Füllung, durch



**Bild 9:** Hebeanlage am Rheinseitendamm – Blick auf Rückhaltebecken (a), Blick auf Rheindamm ohne (b) und mit gefülltem Becken (c)

**Рис. 9:** Сифонное сооружение на боку вой дамбе Рейна, вид аккумулирующего водохранилища (а), вид рейнской дамбы с опорожненным водохранилищем (б) и в наполненном виде (в)

нагрузок при наполнении, гидроэнергией течения воды при входе (проблемы размыва) и усилиями против устойчивости при опорожнении этого водохранилища.

### 3.3 Шлюз Юльцен на Боковом канале Эльбы

Боковой канал Эльбы, строительство которого закончилось в 70-ых годах оснащен только одним шлюзом (напор 23 м), который уже отремонтирован в связи с проблемами деформации его основания. Но он будет дополнен вторым шлюзом рядом (строительные работы начались в 2000 году). В виду непосредственной близости нового шлюза к старому требуется провести специальные исследования ожидаемых деформаций воздействием воспринимаемых нагрузок и ожидаемых при осушении котлована. Котлован нового шлюза выполняется комбинацией противофильтрационной диафрагмы и уплотняющего цементационного HDI-днища, которое выполняется в качестве „плотного сосуда“ инъекционным методом под высоким давлением. Это уплотняющее днище было сооружено на таком уровне, что было необходимо его закрепить анкерами вследствие противофильтрационного

die Strömungskräfte des Wassers beim Einlauf (Erosionsproblem) und die Standsicherheit des Damms beim Leeren des Beckens.

### 3.3 Schleuse Uelzen am Elbe-Seiten-Kanal

Der Elbe-Seiten-Kanal besitzt seit Fertigstellung in den 70er Jahren nur eine Schleuse (Hubhöhe 23 m), die wegen Verformungsproblemen in Untergrund schon saniert wurde, aber durch eine zweite Schleuse ergänzt werden soll (Baubeginn 2000). Die große Nähe der neuen Schleuse zur alten erfordert besondere Betrachtungen von Verformungen durch die (unabdingbaren) Lasten und die zu vermeidenden auf Grund der Trockenlegung der Baugrube. Die Baugrube der neuen Schleuse wird also durch die Kombination von Dichtwänden und einer künstlich erstellten Hochdruckinjektionssohle (HDI) als „dichter Topf“ ausgebildet. Diese Sohle wurde allerdings so hoch gesetzt, dass sie gegen Auftrieb verankert werden muss, während die Wände während der Bauphase sich gegenseitig stützen.

Das Leerpumpen dieses „Topfs“ und der spätere Aushub wurden mittels Wasserstands-, Temperatur- und Verformungsmessungen begleitet, wobei auch ein Havariekonzept vorgesehen war.

давления снизу вверх, а вертикальные диафрагмы во время строительства поддерживают друг друга.

Работы по опорожнению „плотного сосуда“ с последующей выемкой грунта сопровождалось измерениями температуры и деформаций. При этом была предусмотрена и противоаварийная концепция. Проблемы, связанные с строительством, освещаются в другом докладе настоящего специального Бюллетеня (автор: д-р Б. Оденвальд).

#### 4 НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

При проведении практических работ на сооружениях приходят размышления, которые частично можно обобщать в публикациях или имеют специальный характер и ограничиваются отдельным сооружением. Таким образом подготовилось большое количество докладов участвующих специалистов, представленных на совещаниях или официальных семинарах. Дополнительно к этому издана в Бюллетене БВВ совместная публикация о шаваньской плотине на БК (рис. 10).

Über die Probleme, die beim Bau aufgetreten sind, wird in einem anderen Beitrag dieses Bandes berichtet (Autor: B. Odenwald).

#### 4 Wissenschaftliche Zusammenarbeit

Die praktischen Arbeiten an den Bauwerken führten zu Überlegungen, die sich teils allgemeingültig in Veröffentlichungen fassen lassen oder speziell auf das einzelne Bauwerk begrenzt sind. So entstanden eine größere Anzahl von Vorträgen der Beteiligten, die in internen Tagungen oder in offiziellen Kongressen präsentiert wurden. Zusätzlich erschien eine gemeinsame Veröffentlichung über das Schawan-Wehr im Mitteilungsblatt der BAW (Bild 10).

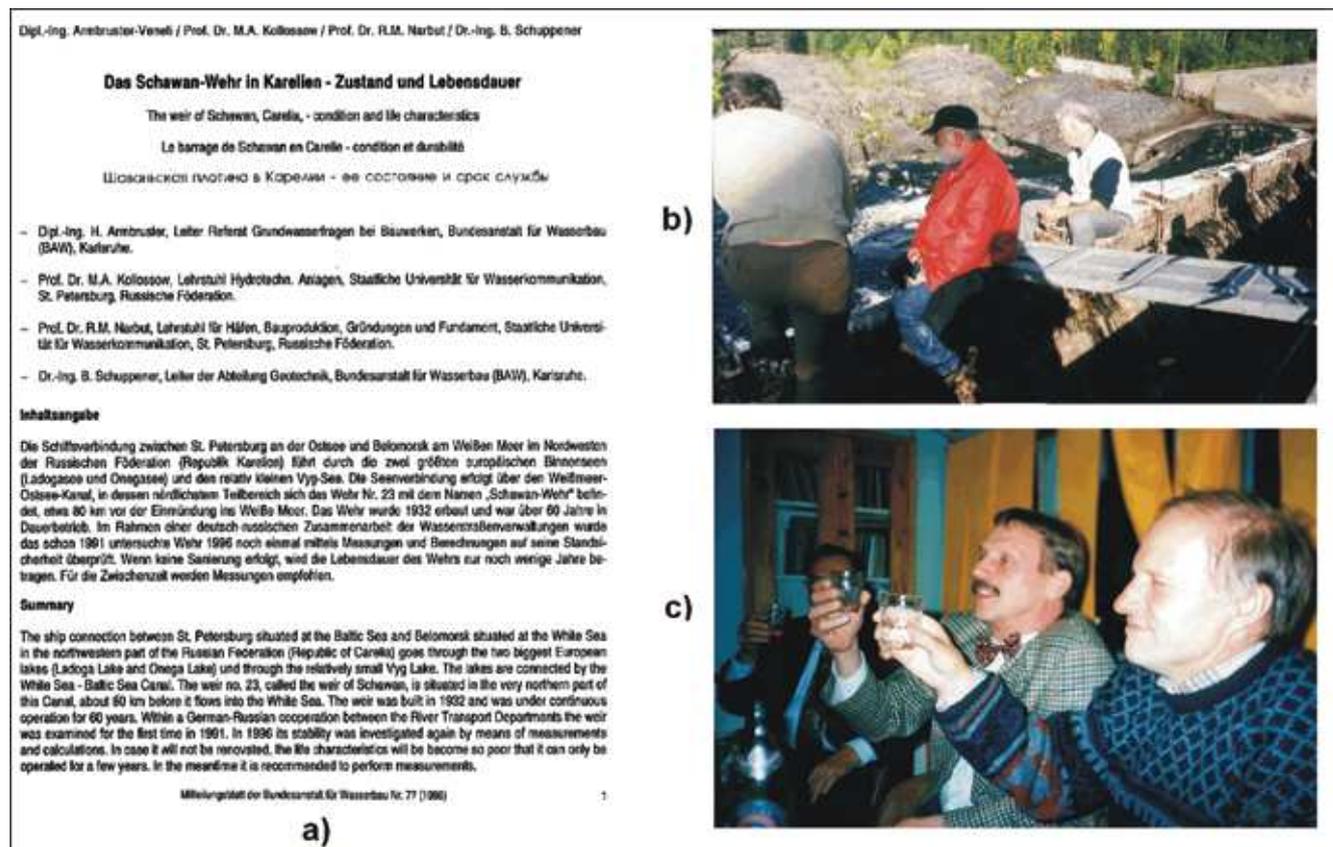


Bild 10: Veröffentlichung über Schawan-Wehr (a) mit Verfassern (b) und (c)  
 Рис. 10: Публикация о шаваньской плотине (а) с авторами (б) и (в)

## 5 СОТРУДНИЧЕСТВО В ЛИЧНОМ ПЛАНЕ

Специальный характер плодотворного сотрудничества выражается и тесными личными контактами участвующих специалистов при пребывании в другой стране, как при работе на месте (рис. 11) или за персональным компьютером в номере гостиницы или на борту судна (рис. 12), или же деловые беседы во время обеда и ужина, инспирированные глотком доброкачественной водки или пива (рис. 13). Что это хорошее сотрудничество, за которое я сердечно благодарю, стало возможным и в языковом взаимопонимании - это заслуга наших переводчиков, особенно господина Вебера, имя которого (взамен и других) хочу здесь отметить с благодарностью.

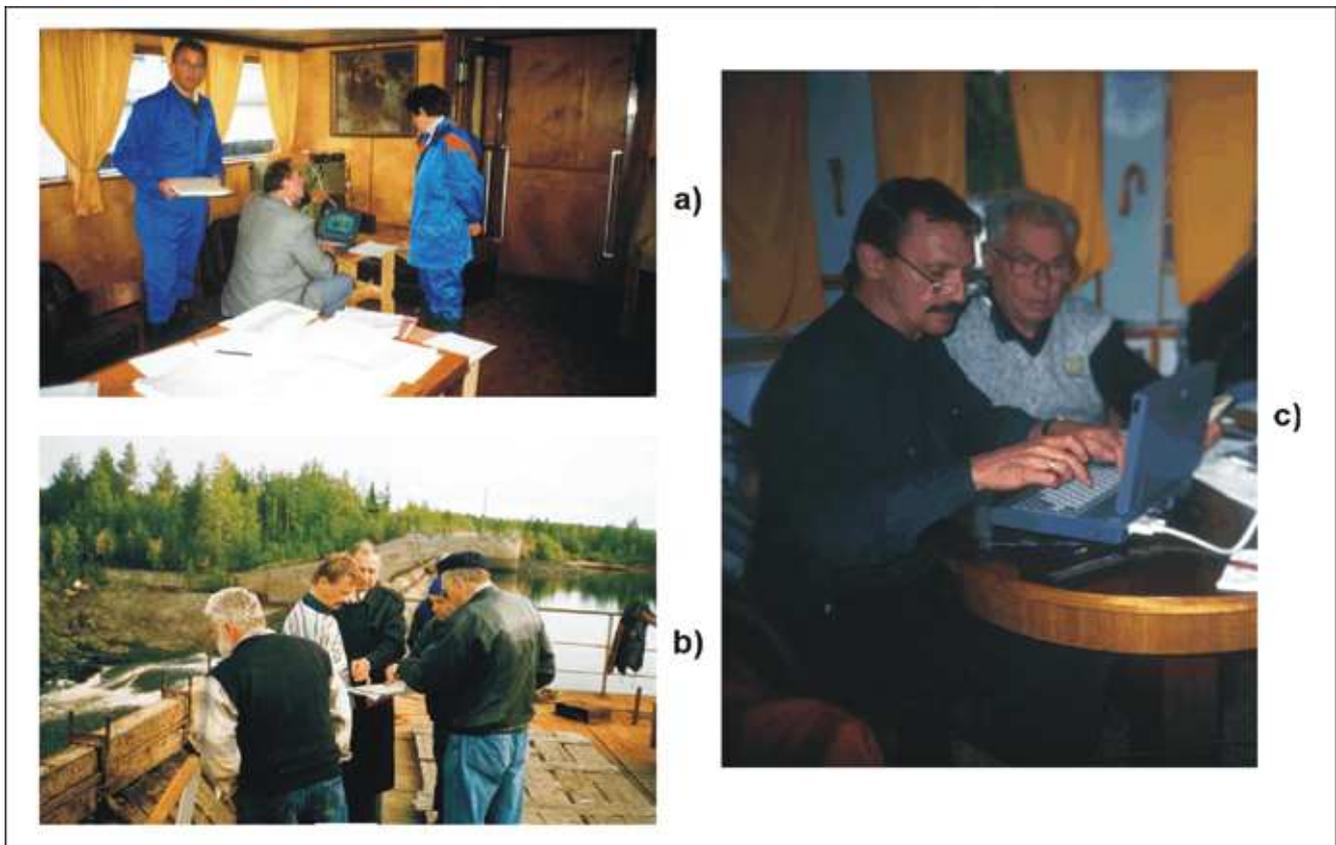
## 5 Persönliche Zusammenarbeit

Der besondere Charakter der fruchtbaren Zusammenarbeit zeigt sich auch in dem sehr persönlichen Kontakt der Beteiligten im jeweils fremden Land, sei es die Arbeit vor Ort (Bild 11) oder am PC im Hotelzimmer oder auf dem Schiff (Bild 12), seien es die guten Fachgespräche am Mittags- oder Abendtisch, unterstützt durch einen guten Wodka oder ein gutes Bier (Bild 13). Dass diese gute Zusammenarbeit, für die ich mich herzlich bedanke, aber auch sprachlich möglich war, haben wir alle unseren Dolmetschern zu verdanken. Keiner konnte sich allerdings so bewähren wie Herr Weber, dessen Namen (als einzigen) ich hiermit dankend erwähne.



Bild 11: Arbeiten vor Ort: Schawan-Wehr (a), Pirogowski-Damm (b), am Scheksna-Damm (c)

Рис. 11: Работы на месте: - Шаваньская плотина (а), Пироговская дамба (б), Шексеньская дамба (в)



**Bild 12:** Arbeitsraum für Berechnungen vor Ort im Schiff: Pirogowski-Wehr (a) oder Schawan-Wehr (b) und (c)  
**Рис. 12:** Рабочее помещение на борту судна, где проводились расчеты: пироговской плотины (а), шаваньской плотины (б) и (в)



*Bild 13: Ausspannen von der Arbeit*  
*Рис. 13: Отдых после работы*