



Urbaner Metabolismus

Die städtische Infrastruktur von Berlin

Abwasser

Markus Bondzio
Thomas Emslander
Jenny Katholy
Sebastian Krüger
Achille Simo

Impressum

Seminarkonzeption und Durchführung:
Michael Prytula

Gestaltung und Bearbeitung der Dokumentation:
Michael Prytula, Anna-Katharina Rost

© bei den Autoren, TU Berlin / GtE 2005

Zitierhinweis

Das vorliegende Dokument ist die pdf-Version eines Seminarbeitrags der jeweils genannten Autoren. Aus dem Dokument sollte in folgender Weise zitiert werden:

Bondzio M. / Emslander T. / Katholy, J. / Krüger, S. / Simo, A.: Abwasser
In: Prytula, Michael (Hg.): Urbaner Metabolismus.
Die städtische Infrastruktur von Berlin.
Technische Universität Berlin, 2005
URL: <http://www.urbaner-metabolismus.de>

Titelbild: Klärbecken, Klärwerk Berlin-Ruhleben
Quelle: Michael Prytula (2004)

Abwasser

Markus Bondzio, Thomas Emslander, Jenny Katholy, Sebastian Krüger, Achille Simo

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Historischer Hintergrund in Europa/Berlin
3. Vorschläge zur Lösung der Abwasserfrage
4. Die Radialsysteme
5. Das Berliner Kanalsystem
6. Das Berliner Abwassersysteme im Schema
7. Klärwerk Ruhleben
8. Systemanalyse
9. Fazit

1. Einleitung

Die Stadt in welcher wir leben und arbeiten hat es vor mehr als einhundert Jahren vermocht, die Gossen von ihren Straßen zu verbannen. Berlin, Deutschlands größte Stadt hat in dieser Entwicklung Standards gesetzt. Hat sie aber die Abwasserproblematik ausreichend geklärt? Diese Frage ist nicht mit einer klaren Antwort zu belegen. Auf der einen Seite verschwanden Dreck und die Fäkalien von den Wegen, weil das Abwasser auf den Rieselfeldern geklärt wurde. Schon zu damaliger Zeit versuchte man, modernste Lösungen für die Problematik zu entwickeln, um bei der Reinigung und dem Transport von Schmutzwasser optimale und längerfristig wirksame Erfolge zu erzielen. Auf der anderen Seite sehen wir uns heute mit immer weitgreifenderen Fragen zur Thematik der ökologischen Bilanzierung konfrontiert. Unter Berücksichtigung aller fachthematischen ineinandergreifenden Bereiche der Trinkwasserver- und entsorgung sowie der Einbeziehung aller involvierten Stoffe in den einzelnen Prozessen, möchten wir durch unseren Referatsbeitrag einen tieferen Einblick in diese komplexe Thematik vermitteln.

2. Historischer Hintergrund in Europa

Während des industriellen Aufblühens der Städte Ende des 19. Jahrhunderts verschärfte sich die hygienische Situation immer mehr. Wissenschaft, Technik und Künste erblühten, Eisenbahnen fuhren, die Elektrizität wurde genutzt, die Telephonie begann ihren Siegeszug, aber im Bereich der infrastrukturellen Entwicklung auf dem Gebiet der Abwasserentsorgung gab es nur sehr wenige fortschrittliche Maßnahmen.

Erst die Folgen der Pestilenz in den immer rascher wachsenden Industriestädten, die hohe Krankenzahl und Sterblichkeit, beschleunigten die Entwicklung von Stadtentwässerungssystemen. Im Laufe der Zeit wuchsen die Ansprüche und Anforderungen an ein Kanalisationssystem. Die primäre Aufgabe der hygienischen Bewältigung von Missständen wurde stetig erweitert, um den Ansprüchen der Zeit genüge zu leisten. Heute verlangen die aktuellen Fragen nach wohlüberlegten Lösungsansätzen zur Schonung von Ressourcen, der optimalen Nutzung bzw. Abwandlung verschiedener Prozesse, sowie der Nachhaltigkeit und Zukunftssicherung des Abwassersystems.



Abb. 1
Gossen Berlins
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau Berlins



Abb. 2
Eduard Gaertner, Parochialstrasse 1831
Quelle: Hilmar Bärthel, Geklärt

Erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts beginnt in Europa nahezu gleichzeitig die Entwicklung einer Stadtentwässerung mit Abwasserableitung und Entsorgung im heutigen Verständnis. An ihrem Anfang stand die Einführung der Schwemmkanalisation für ganze Städte oder einzelne Stadtteile.

Diese Entwicklung ist eng verbunden mit der Einführung der Wasserversorgung für Industrie und Wohnbauten. Da ab einer gewissen Zeit jede Wohnung mit Trink- und Brauchwasserversorgung ausgestattet wurde, entstand die Notwendigkeit, auch das Abwasser einschließlich aller abschwemmbareren Stoffe abzuleiten. Dies erfolgte zunächst in zentralen, geschlossenen Kanal- oder Rohrsystemen, durch die das Abwasser unbehandelt in den nächsten Wasserlauf gelangte. Durch die direkte Einleitung des Unrates in die natürlichen Wasserläufe der Stadt, wurden diese stark verschmutzt und gestalteten dadurch das Stadtbild negativ. Die schnell anwachsenden Abwassermengen verschärften die Situation weiter, so dass man sich innerhalb kurzer Zeit gezwungen sah, das Abwasser vor der Einleitung zu reinigen. Die erste Stadt, die mit dem Bau von Kanalisationen begann war London 1830.

2.1 Historie in Berlin

Berlin befand sich seinerzeit am unteren Ende der international vergleichbaren Entwicklung. Der erste Spatenstich für den Bau der Berliner Kanalisation erfolgte am 14. August 1873; die bauliche Realisierung in den wesentlichen Teilen der Kernstadt fällt in den Zeitraum von 1873 bis 1893. Während dieser 20 Jahre ist Berlin allerdings ein Werk gelungen, welches in dieser Form noch kein Vorbild hatte, aber in der Folge Leitmodell für viele andere Städte werden sollte.

2.2 Die Vorgeschichte der Berliner Kanalisation

Die Residenzstadt Berlin nahm 1850 eine Fläche von 3510 ha ein. Dies entspricht etwa der Größe der bis 2000 bestehenden Innenstadtbezirke Mitte, Kreuzberg und Schöneberg. Die Stadt war zwar im ihrem Kern noch von der alten 4,5 m hohen Zoll- oder Akzisemauer mit ihren 19 Stadttoren umschlossen, tatsächlich aber bereits weit darüber hinaus gewachsen. Die Zahl der Einwohner hatte die 400.000 überschritten. Berlin war Anziehungspunkt und Zuwanderungsziel vieler arbeitssuchender Menschen. So erlebte die Stadt bis 1861 pro Jahr Zuzüge von 10.000 bis 90.000 Personen, die in der Regel nur außerhalb der Stadtmauern eine Bleibe fanden. In allen Straßen und Gassen befanden sich auf beiden Seiten zwischen den hoch liegenden Bürgersteigen und dem 20 bis 30 cm tiefer liegenden Fahrdammbreite - und tiefe, gewöhnlich mit kleinen Feldsteinen gepflastert, so genannte Rinnsteine. Die Auspflasterung war teilweise durch Reinigungsvorgänge oder auch durch Rattenlöcher schadhaf geworden. Die Rinnsteine waren in schmalen Gassen 50 bis 60 cm in größeren Straßen bis zu einem Meter breit und gewöhnlich 40 bis 60 cm tief. Sie diente der Ableitung des häuslichen und gewerblichen Abwassers und wiesen nur ein geringes Gefälle auf.

Das Abwasser gelangte so über Hausgossen in den Rinnstein. Das Regenwasser floss aus den Fallrohren direkt über den Bürgersteig und bildete bei Frost oft gefährliche Eisschichten. Vor jeder Hauszufahrt gab es bis zu vier Meter breite Brücken über die Rinnsteine, bestehend aus starken Holzbohlen, die auf Eisenstangen lagerten.

Das geringe Gefälle der Rinnsteine verhinderte ein schnelles Abfließen und führte so zu starken Fäulnisherden. Wegen ihrer mangelhaften Auspflasterung gelangten auch Verunreinigungen in den sandigen Untergrund

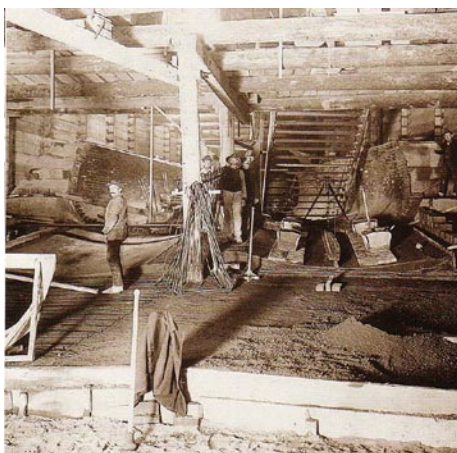


Abb. 3
Kanalbau 1907, Alexanderplatz
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau

und durch die Versickerung ins Grundwasser. Das Entwässerungssystem der Rinnsteine funktionierte eigentlich nur dort, wo ein direkter Abfluss zur Spree oder ihren Seitenarmen bestand.

Es existierten auch einzelne unterirdische Kanäle, zu verschiedenen Zeiten und ohne Zusammenhang angelegt, in die die Abwasser aus den Rinnsteinen eingeleitet wurden. Da sie jedoch sehr große Querschnitte und nur ein geringes Gefälle hatten, konnten festere Substanzen nicht abgeschwemmt werden. Die Kanäle stellten regelrechte unterirdische Dunggruben dar. Kurz gesagt: Berlin stank und glich einer riesigen Unratdeponie. Unerträglich war es im Sommer, wenn bei hohen Temperaturen alles schnell faulte, gefährlich im Winter, wenn flüssige und feste Abfälle auf den Bürgersteigen festfroren, auf den Rinnsteinen sich aber wegen der Fäulnisvorgänge nur eine dünne Eisschicht bilden konnte.

Führt man sich diese Umstände vor Augen, wird verständlich, warum die ersten Vorschläge für eine Wasserversorgung von Berlin nicht etwa die Belieferung der Bevölkerung mit Trinkwasser zum Gegenstand hatten, sondern ausschließlich der Sorge um die Spülung und Reinigung der Rinnsteine galten.

3. Vorschläge zur Lösung der Abwasserfrage

An Ideen und Initiativen zur Lösung der Abwasserfrage hat es bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nicht gefehlt.

Maßgeblich für die Entwicklung des Berliner Abwassersystems sind die von den folgenden Ingenieuren formulierten und ausgearbeiteten Vorschläge.

3.1 Entwässerungsentwurf von Dr. Crelle

Bereits im Jahre 1842 hielt der Oberbaurat Dr. Crelle einen Vortrag an der Akademie der Wissenschaften in dem er forderte, dass mit dem Bau von Wasserleitung auch die Anlage unterirdischer Entwässerungskanäle sowie die Beseitigung der offenen Rinnsteine notwendig werde. Er plädierte für ein einheitliches System von Abzugskanälen in 2,5 bis 3 m Tiefe. In Folge der flachen Lage und der Größe der Stadt müsse das Abwasser durch elf Pumpwerke maschinell gehoben werden, um es in die Spree oder den Landwehrgraben zu leiten. Der Vortrag fand wenig Beachtung, obwohl er noch im gleichen Jahr gedruckt erschien.

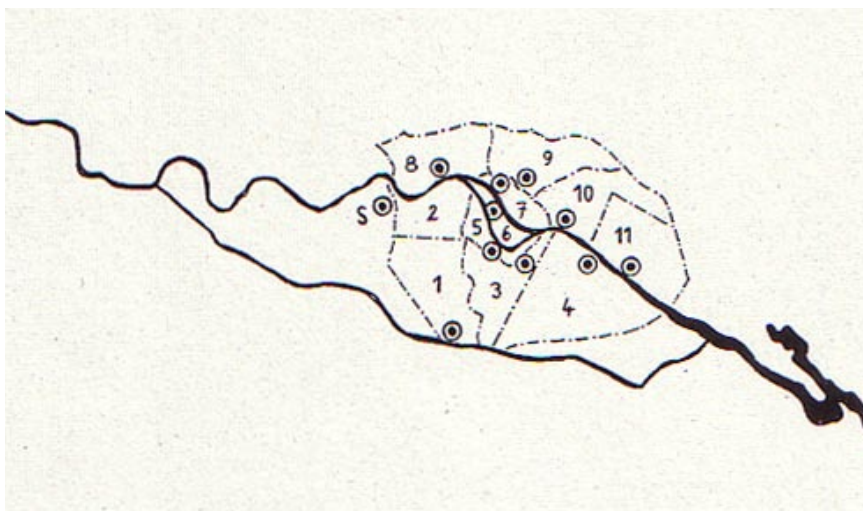


Abb. 4
Crelleplan 1842
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau

Crelles Pläne unterscheiden sich von den bisherigen Vorschlägen in folgenden wesentlichen Merkmalen:

- die konstruktiv, technischen Details sowie die Kostenberechnungen zeugten von einer fortgeschritteneren Planungsreife
- die Aufteilung der Stadt in Entwässerungszonen erfolgte erstmals nach topographischen Merkmalen und natürlichen Hindernissen innerhalb der Stadt Berlin
- erstmals richtete sich die Kanalverlegung nicht nach dem geringen in Berlin zur Verfügung stehenden Gefälle zwischen Leitungsanfang und –ende an den Ufern der Flussläufe
- Crelle sah ausreichende Erdüberdeckung vor und plante begehbare Kanalquerschnitte und ein strömungstechnisch notwendiges Gefälle; dass dadurch wesentlich tiefer als der mittlere Spreewasserstand ankommende Abwasser wurde durch dampfbetriebene Pumpwerke gehoben

Crelle war darüber hinaus davon überzeugt, dass die Stadtreinigung eine kommunale Aufgabe sei. Wenn aber derartige Projekte aus Geldmangel scheitern sollten, wäre gegen die Zuhilfenahme einer Aktien-Unternehmung nichts einzuwenden.

Nach genauer Lektüre des Entwurfes sind große Ähnlichkeiten mit der etwa 30 Jahre späteren Planung von James Hobrecht festzustellen.

3.2 Entwässerungsentwurf von Wiebe

Aufgrund der eskalierenden unhygienischen Verhältnisse und der damit verbundenen gesundheitlichen Gefährdung der Bevölkerung beauftragte der zuständige Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten Von der Heydt im Juni 1860 den Baurat Eduard Wiebe, einen Entwässerungsplan für Berlin auszuarbeiten.

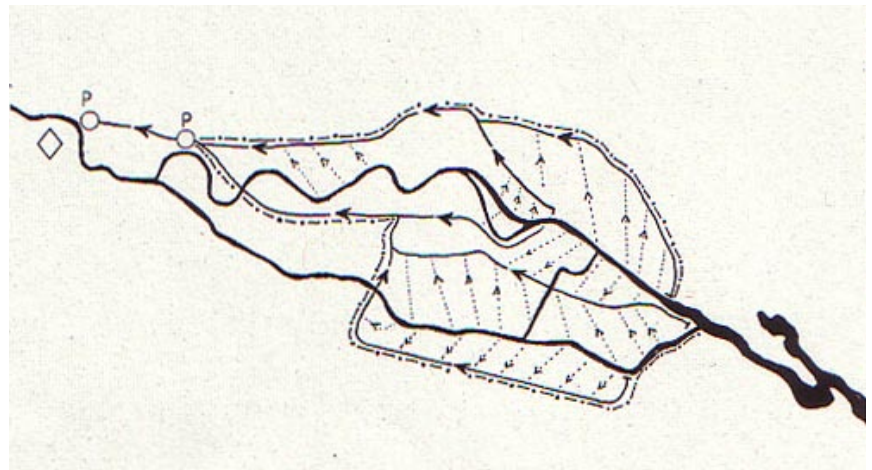


Abb. 5
Wiebeplan 1861
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau

Zunächst wurde, um Erfahrungen zu sammeln, eine Studienreise angeordnet. Die Reisegesellschaft bestand neben Wiebe aus dem mit der Ausarbeitung des Bebauungsplan zur Stadterweiterung beschäftigten Baumeister James Hobrecht und dem mit dem Maschinenwesen vertrauten Zivil-Ingenieur Ludwig Alexander Veit-Meyer.

Die Studienreise dauerte vom 21. August bis zum 10. November 1860 und führte neben den Metropolen Hamburg, Paris und London auch in die kleineren englischen Städte Carlisle und Leicester. Die Kommission, insbesondere jedoch ihr Leiter, Baurat Wiebe, brachte eine Fülle von Unterlagen und eigenen Aufzeichnungen mit, deren Auswertung eine ungeheure Arbeit darstellte.

In der, gemessen an Umfang und Komplexität der Aufgabe, enorm kurzen Zeit von nur elf Monaten legte Wiebe ein vollständiges Projekt „Über die Reinigung und Entwässerung der Stadt Berlin“ vor.

Der kurz gehaltenen Einleitung lagen Übersichtspläne der Kanalisation großer europäischer Städte sowie Detailzeichnungen komplizierter Bauwerke mit genauer Vermessung bei. Der Hauptteil bestand aus einem bereits vollständig durchgearbeiteten, ausführungsfähigen Projekt für die Stadt Berlin in ihrer damaligen Ausdehnung. Nach diesem Entwurf sollten alle bereits bebauten und alle potentiell bebaubaren Flächen mit einem einheitlichen, ineinander und höhenmäßig aufeinander abgestimmten Kanalsystem versehen werden.

Es war geplant, das gesamte Stadtgebiet durch zwei große Haupt-Sammelkanäle beiderseits der Spree mit mehr als 50 Zweigkanälen im Abstand von 0,5 bis 1,0 km flächendeckend zu erschließen. All diese Kanäle sollten an der Spree oder ihren Seitenarmen beginnen. Sie waren höhenmäßig so projektiert, dass Überschüsse, Spültüren und ähnliche Einrichtungen Flusswasser durch das natürliche Gefälle in die Kanäle eingeleitet werden konnten, um diese dauernd oder zeitweise zu spülen. Für die Hauptsammel- und die Zweigkanäle hat Wiebe die geodätischen Höhen, Gefälleverhältnisse, Überdeckung (Tiefenlage im Gelände) und die Nennweitenwechsel genau angegeben.



Abb. 6
Wiebe
Quelle: H. Tepassee, Stadttechnik im Städtebau

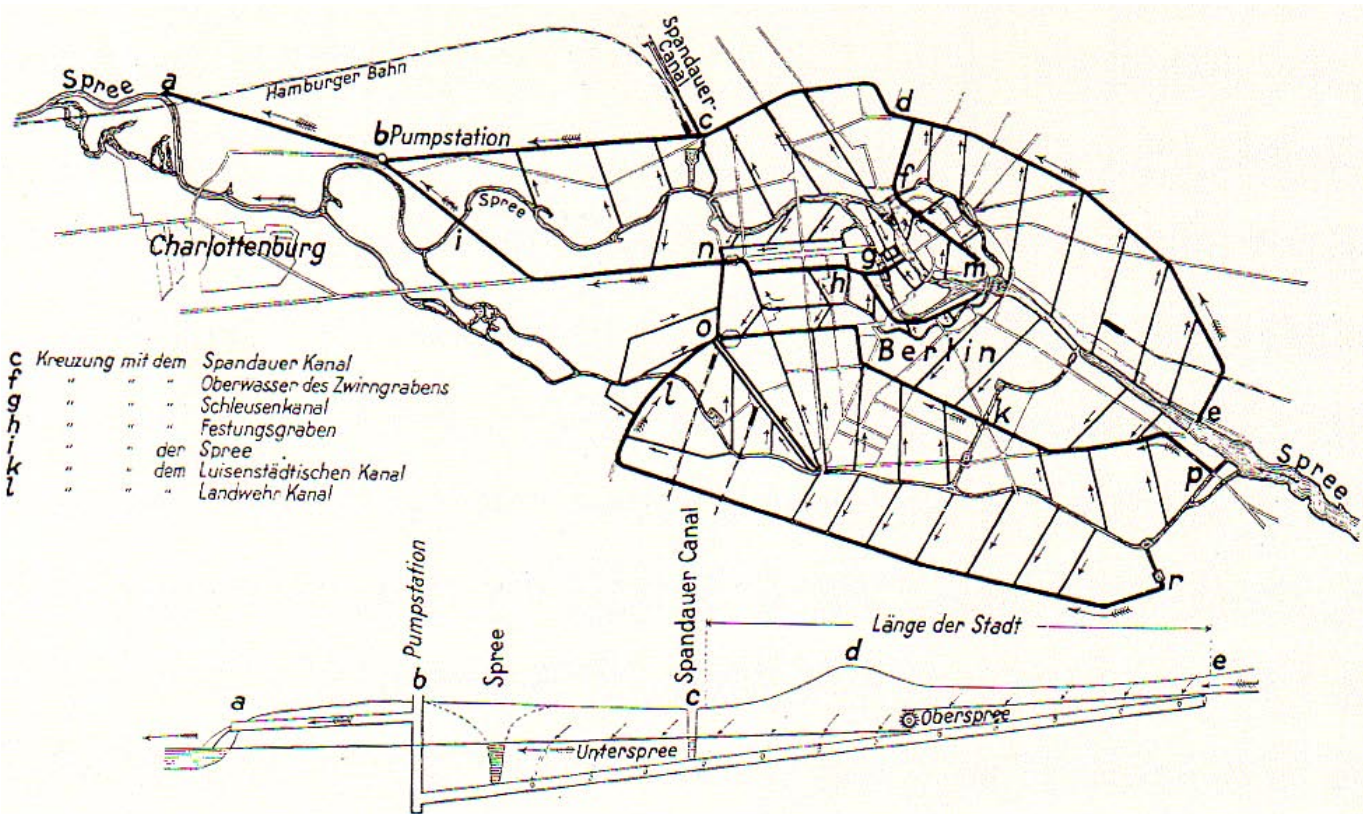


Abb. 7
Wiebeplan
Quelle: H. Tepassee, Stadttechnik im Städtebau

Außerdem hat er für den Norden und Osten des Stadtgebietes so genannte hoch liegende Kanäle vorgesehen, für die wegen des stärkeren Gefälles eine Spülung nicht erforderlich gewesen wäre. Für all diese Kanäle waren die Regelprofile festgelegt und zu Kalkulationszwecken wurden Massenermittlungen für Erdarbeiten, Beton und Mauerwerk sowie Pflasterarbeiten durchgeführt. Für die Ableitung des Abwassers war vorgesehen, die beiden Hauptsammelkanäle in einer westlich von Moabit zu errichtenden Pumpstation zusammenzuführen. Von dort sollte das Abwasser nach einem Absetzvorgang durch einen unterirdischen 2,33 km langen Kanal unterhalb der Brücke der Berlin-Hamburger Eisenbahn nördlich von Charlottenburg in die Spree fließen zu lassen.

Nach dem Bekanntwerden des Wiebeschen Entwurfs setzte ein heftiger Streit unter Fachleuten ein. Als erster veröffentlichte der Volkswirtschaftler Roeder eine kritische Druckschrift, dann machte der Stadtbaurat Spott auf Schwierigkeiten beim Bau der tief liegenden Kanäle aufmerksam, wodurch Einsturzgefahr für die anliegenden Häuser bestünde. Auch würde mindestens das Dreifache der von Wiebe angesetzten 13 Millionen Mark Baukosten benötigt werden, gab er zu bedenken.

Am 25. Mai 1865 legt die Ende des Jahres 1861 eingesetzte „Städtische Deputation zur Reorganisation des Latrinenwesens bzw. zur Kanalisation Berlins“ das vom Minister für landwirtschaftliche Angelegenheiten autorisierte Ergebnis ihrer langjährigen Beratungen vor. Darin wird empfohlen, die Dunggruben im Hof der Gebäude durch auswechselbare Tonnen zu ersetzen und ein flaches Sielsystem zur Abführung von Haus- und Regenwasser zu schaffen. Der Kanalisationsentwurf von Wiebe wird ausdrücklich abgelehnt, weil die Dungstoffe mit dem Abwasser in die Spree eingeleitet würden und damit der landwirtschaftlichen Nutzung verloren gingen. Gewarnt wird vor der Verschmutzung der Spree im Bereich Spandau.

Zwei Monate danach, am 24. Juli 1865, argumentiert der Geheime Baurat Wiebe in einer Denkschrift gegen die vorher genannte Entscheidung des Landwirtschaftsministeriums. Er stellt fest, dass die Sammlung der Abtrittsstoffe in Tonnen die gleichen Missstände als Folge hätten, wie ihre Aufspeicherung in Dunggruben. Die landwirtschaftliche Verwertung der Tonneninhalte würde wegen der hohen Transportkosten auch nicht vertretbar sein. Nach fast einem Jahr, am 15. Mai 1866, empfahl der Magistrat in einer Vorlage an die Stadtverordnetenversammlung, das Wiebesche Projekt weiterzuverfolgen. Die Stadtverordnetenversammlung kommt am 6. Dezember 1866 jedoch zu dem Beschluss, Wiebes Projekt abzulehnen, weil nicht ausreichend geklärt ist, ob Abfuhr oder Kanalisierung die sinnvollere Lösung darstelle. Dem Magistrat werden Auflagen zur baldigen Klärung erteilt. Es werden sowohl zum Abfuhrsystem als auch zum Wiebeschen Plan genauere Auskünfte über Grundwasserstände, Baugrund, Geruchsbelästigungen, Bestand an Wasserklosetts und Rinnsteinen, vorhandene Kanäle, Kosten eines flachen Sielsystems, Abfuhrkosten für Trockenklosetts etc. verlangt, um entscheiden zu können, welches System überhaupt für die 1,5 Millionen Einwohner Berlins ausreichen würde.

Erstmals haben sich auch Ärzte an der Diskussion um die Kanalisation beteiligt, nachdem im Juli 1865 der Minister für Handel, Gewerbe und Bauwesen die Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen berief, zu der auch Rudolf Virchow gehörte. Die Deputation hatte in einem Gutachten vom 16. Oktober 1867 festgestellt, dass die im Wiebeschen Projekt vorgesehene Einleitung von ungereinigtem Abwasser in die Spree unzulässig sei. Außerdem wird auf die Unzweckmäßigkeit verwiesen, das

gesamte Schmutzwasser Berlins von einem Punkt aus, dem Endpunkt des Wiebeschen Systems westlich von Moabit, auf weit entfernte Berieselungsflächen zu transportieren. In dem Anfang 1868 der Öffentlichkeit vorgelegten Gutachten werden vor allem die Probleme der Reinigung des Abwassers behandelt, die nunmehr kurzfristig einer Lösung zugeführt werden müssen.

3.3 Entwässerungsplan von Hobrecht

Zur Errichtung der Kanalisation in Berlin wird durch einen Gemeindebeschluss vom 2. und 21. Februar 1867 eine aus Magistratsmitgliedern und Stadtverordneten neu gebildete Deputation unter Leitung von Rudolf Virchow eingesetzt, die alle bisherigen Untersuchungen zusammentragen und die Schlussfolgerungen daraus vorlegen soll. Endlich, nach siebenjährigem Streit über die Berliner Kanalisation wird am 19. Mai 1869 in den städtischen Gremien ein bedeutender Beschluss gefasst. In der Zwischenzeit hatten sich die hygienischen Zustände in der Stadt weiter verschlechtert.

James Hobrecht, der 1861 Berlin verlassen und als Stadtbaurat ein Kanalisationsprojekt für Stettin entworfen hatte, wird nach Berlin zurückgeholt und als leitender Techniker für die Vorarbeiten zur Entwässerung Berlins eingesetzt. Er erhält ein Büro, von dem aus er ab sofort alle Untersuchungen und Arbeiten zur Kanalisation koordiniert und leitet. Als erstes wird auf seine Anregung hin ein Untersuchungsausschuss gebildet, der praktikable Lösungen für die Abwasserreinigung auf Rieselfeldern erarbeiten soll. Bereits am 28. Oktober 1869 bewilligt die Stadtverordnetenversammlung auf Antrag Hobrechts die Mittel für die Pachtung eines fünf Morgen (entsprechen 12.500 qm) großen Geländes vom Militärfiskus. Auf diesem Gelände in der Nähe des Kreuzbergs im Tempelhofer Unterland sollten die Berieselungsversuche durchgeführt werden. Diese Versuche beginnen am 24. Juli 1870 unter Leitung von Prof. Dr. Dünkelberg aus Wiesbaden und ergeben ein positives Resultat. Die Königliche Tierarzneischule verfüttert das Gras von den Rieselfeldern und bescheinigt Unbedenklichkeit. Auch Kulturpflanzen wie Kohl, Bohnen, Erbsen, Gurken, Spinat, Rüben, Sellerie, Porree, Kartoffeln und Mais gedeihen gut. Die Berieselungs- und Stauversuche werden im Winter 1870/71 selbst bei stärkerem Frost ohne



Abb. 8
James Hobrecht
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau

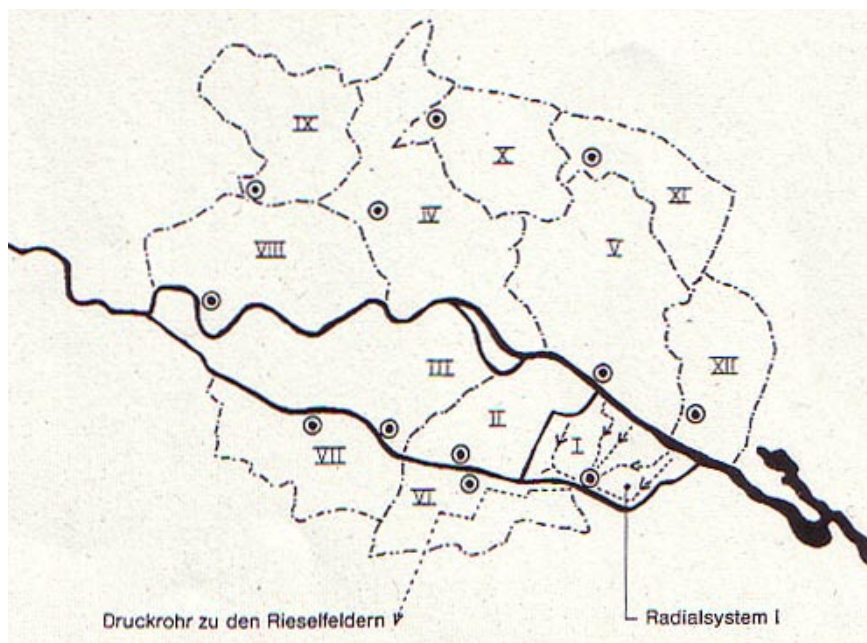


Abb. 9
Hobrechtplan 1871
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau

Probleme fortgeführt. Bis 1872 werden verschiedene technische Varianten erprobt und dabei umfangreiche Erfahrungen gesammelt, immer mit günstigen Ergebnissen. Im August 1871, noch bevor alle Versuche und Untersuchungen abgeschlossen sind, legt Hobrecht ein »Generelles Projekt für die Canalisation Berlins«.

Hobrecht Entwurf fand bei den Deputierten breite Zustimmung. Mit seinem Entwurf entschied er sich für 12 sektorale voneinander durch topografische Merkmale getrennte Kanalsysteme mit radialer Sammlung der Abwasser, beginnend in der bereits bebauten Mitte der jeweiligen Entwässerungsgebiete bis hin zur Peripherie in der Nähe eines Vorfluters zur Einrichtung von Notauslässen, den Sicherheitsventilen, bei extrem starken Regenfällen. Diese „Radialsysteme“ arbeiten mit den natürlichen, aus dem in der flachen Niederstadt maximal möglichen Leistungsgefälle resultierenden Druckkräften. Von den in den Radialsystemen tiefstgelegenen Sammelpunkten aus sollten dampfbetriebene (später gas- und anschließend elektromotorisch angetriebene) Pumpen das Abwasser über kilometerlange Druckrohre auf die außerhalb des Weichbildes von Berlin gelegenen Rieselfelder zur biologisch-mechanischen Klärung befördern.

Hobrecht sieht wie Wiebe die Schwemmkanalisation, also das Mischsystem vor, bei dem Schmutz- und Regenwasser gemeinsam in einem Kanal abgeleitet werden.

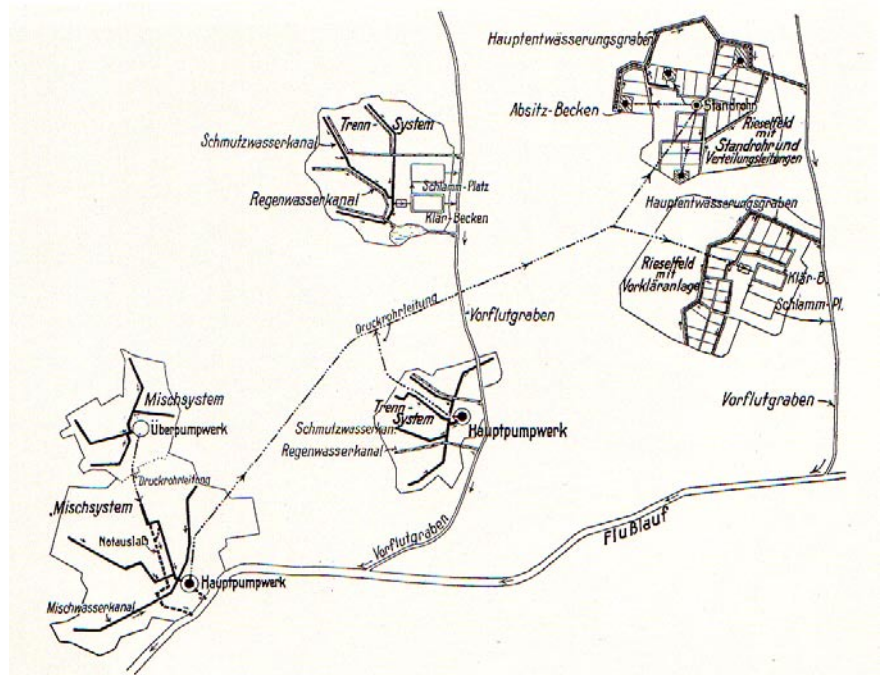


Abb. 10
Hobrechtplan
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau

Das Hobrechtsche Projekt der zwölf Teilsysteme bringt gegenüber dem Wiebeschen Gesamtsystem folgende Vorteile:

- die Hauptleitungen werden kürzer und benötigen geringere Dimensionen
- die natürliche Geländestruktur wird besser ausgenutzt, die Leitungen können flacher verlegt werden
- einzelne Teilsysteme lassen sich durch die Erweiterung ihrer Anlagen mit geringerem Aufwand den Bedürfnissen der Stadtentwicklung anpassen, als dies bei einem einzigen großen Entwässerungssystem möglich wäre
- die einzelnen Radialsysteme können unabhängig voneinander und erst dann angelegt werden, wenn die Stadtentwicklung dies erfordert
- bei einem großen zusammenhängenden System müssten die teuersten Anlagen, die gemauerten Kanäle, in einer dem zu erwartenden Abwasser-

anfall entsprechenden Größe und Länge zuerst gebaut werden

- die beim Bau und Betrieb der ersten Teilsysteme gemachten Erfahrungen können bei den nachfolgenden berücksichtigt werden
- fast alle Leitungen werden von Anfang an voll ausgelastet, während bei einem großen einheitlichen System die Hauptsammler jahrelang zu groß dimensioniert wären - dies bedeutete nicht nur finanzielle Verluste, die Kanäle ließen sich bei nur geringer Auslastung auch schwerer reinhalten
- Pumpen mit geringerer Leistung sind ausreichend, weil das Abwasser nur einen relativ kurzen Weg zum Pumpwerk zurückzulegen hat - hingegen muss bei längeren Kanälen ihre Tiefenlage und damit auch die Förderhöhe des Abwassers zunehmen
- eventuelle Ausfälle betreffen nur Teilsysteme, durch Verbindungsleitungen kann auf ein benachbartes ausgewichen werden
- das Schmutzwasser eines Teilsystems kann sowohl auf die eigenen Rieselfelder gefördert werden als auch auf die benachbarten Teilsysteme.
- die Rieselfelder können auf diese Weise gleichmäßig ausgelastet oder auch entlastet und damit insgesamt wirtschaftlicher betrieben werden.

Die zwölf Hobrechtschen Teilsysteme erfassen nur das Gebiet innerhalb der damaligen Stadtgrenzen, nach dem seinerzeit üblichen Sprachgebrauch in der Geschichtsliteratur auch oft als „Weichbild“ der Stadt bezeichnet. Es entspricht etwa dem Gebiet der ehemaligen Bezirke Mitte, Friedrichshain, Prenzlauer Berg, Wedding, Tiergarten, Schöneberg und Kreuzberg.

Die geplanten Radialsysteme I, II, III, VI und VII liegen links, die Systeme IV, V und VIII bis XII rechts der Spree. Die im Randgebiet befindlichen Systeme VI bis XII sind nach den Stadtgrenzen hin offen, also auf künftige Erweiterungen angelegt.

Auf Empfehlung der Königlichen Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen legte der Magistrat am 16. November 1872 der Stadtverordnetenversammlung den Entwurf Hobrechts vor und stellte gleichzeitig den Antrag, diesem Projekt zuzustimmen.

Im Dezember 1872 erstattete Virchow den Generalbericht über die Arbeiten der „Städtischen gemischten Deputation für die Untersuchung der auf die Kanalisation und Abfuhr bezüglichen Fragen“. Er empfiehlt die Annahme und Realisierung der mit dem Bericht in Einklang stehenden Hobrechtschen Projekte. Der Generalbericht, ein umfangreiches Werk von 168 Seiten, stützt sich auf eine Vielzahl von Sachverständigengutachten und Berichten über Versuchsergebnisse, insbesondere über die Berieselungsversuche, über Grundwasserverhältnisse sowie über geologische Untersuchungen. Der Generalbericht von Rudolph Virchow wird von den Stadtverordneten und den verschiedenen Magistratsdienststellen ausführlich geprüft und für gut und realisierbar befunden. Am 6. März 1873 beschließt der Magistrat die Ausführung des Hobrechtschen Projektes, am 15. Mai 1873 folgt der Beschluss der Stadtverordnetenversammlung.

4. Die Radialsysteme

Mit dem Beschluss der Stadtverordnetenversammlung erging die Auflage, mit dem Bau des Radialsystems III unverzüglich zu beginnen. Dafür werden Mittel in Höhe von 6 Mio. Mark freigegeben. Das Radialsystem umfasst die Friedrichstadt, die Dorotheenstadt, Alt-Cölln und das Tiergartenviertel. Es hat eine Fläche von 390 ha (entspricht 3.900.000 qm oder 3,9 qkm). Nach der Volkszählung von 1875 bestanden dort 3.000 Grundstücke mit 106.361 Einwohnern. Es war das am dichtesten besiedelte Gebiet von Berlin. Am 14. August 1873 erfolgt der erste Spatenstich für den Bau der Kanalisa-



Abb. 11
Rudolf Virchow
Quelle: H. Tepasse, Stadttechnik im Städtebau

tion und des Pumpwerks III in der Schöneberger Straße, Nähe Hallesches Ufer. 1874 kauft die Stadt die Güter Osdorf und Friederikenhof an, um dort Rieselfelder anzulegen. Noch am Ende des Jahres 1875 beginnt die Beschickung der Rieselfelder mit Abwasser. Im ersten Betriebsjahr wurden 1,2 Mio. cbm Abwasser nach Osdorf und Friederikendorf gefördert. Am 31. Dezember 1876 waren 30,5 km Steinzeugrohre und 8,3 km gemauerte Kanäle gelegt und 1.025 Grundstücke an die Kanalisation angeschlossen. Am 1. Januar 1878 ist das Radialsystem III mit einer Kanallänge von 80 km und 2.415 angeschlossenen Grundstücken fertig gestellt. Dieser Tag gilt als das offizielle Datum der Inbetriebnahme der Berliner Kanalisation. Noch heute, 130 Jahre nach Hobrechts Entwurf, funktionieren die Systeme einwandfrei, und alle seitdem entstandenen Erweiterungen bauen auf diesem Schema auf oder nutzen seine Grundzüge.

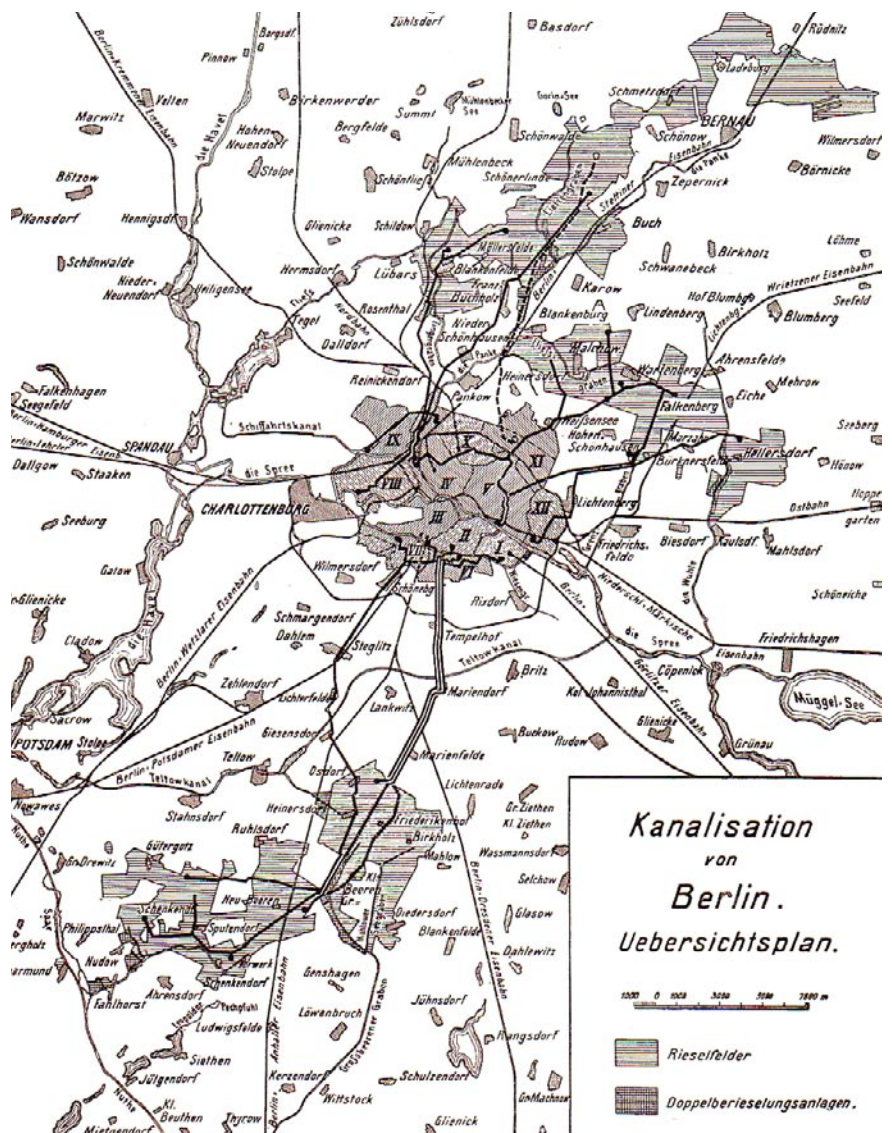


Abb. 12
 Übersichtsplan Kanalisation von Berlin
 Quelle: H. Tepas, Stadttechnik im Städtebau



Abb. 13
Übersichtsplan Kanalisation von Berlin
Quelle: H. Tepassee, Stadttechnik im Städtebau

5. Die Berliner Kanalisation

5.1 Das Mischsystem

Beim Bau der Kanalisation entschied sich die Kommission für das sogenannte Mischsystem dessen Vorteile zur damaligen Zeit zu überzeugen wussten. Der größte Vorteil lag eindeutig im geringeren Kostenaufwand, welcher auf die Bauherren umgeschlagen wurde. Die Zusammenführung von Schmutzwasser aus Haushalten und Fabriken und dem Oberflächenwasser der Niederschläge etc. sollte in einem Kanalsystem vereinigt und abtransportiert werden.

Durch die Zusammenlegung von Schmutz – und Regenwasser wurde auch die Reinigung und Spülung der Rohre gewährleistet, da bei starken Regenfällen die abgelagerten Stoffe mit fortgespült wurden. Da das Mischsystem innerhalb des städtischen Raums von Groß-Berlin verlegt wurde, war es auch sinnvoller, sich auf ein Kanalsystem zu einigen, da sich die Ausdehnung der Bauarbeiten nicht allzu weit erstrecken sollte und es innerhalb der Stadt nur sehr geringen Platz zum Verlegen der Rohrsysteme gab. Eine Überschneidung mit den Tunnelsystemen der U-Bahn sollte verhindert werden.

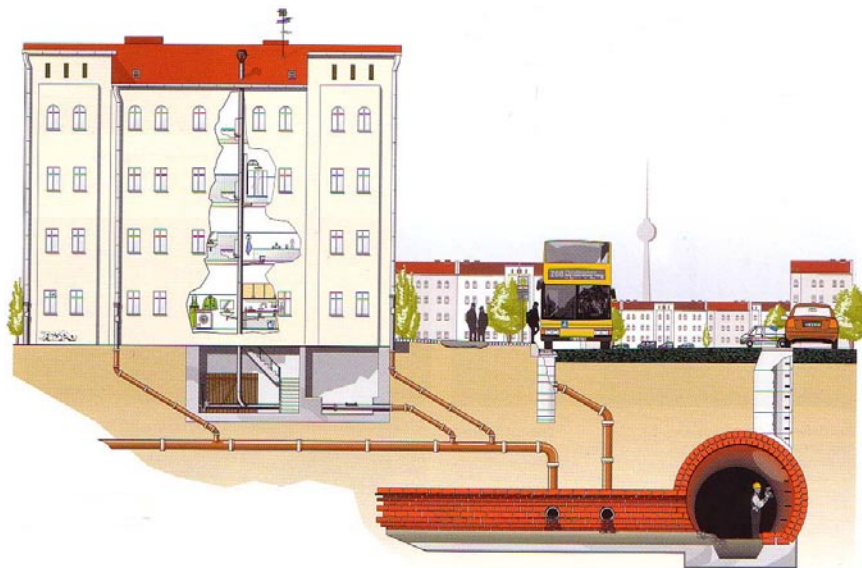


Abb. 14
Kanalmischsystem
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

5.2 Das Trennsystem

Die Installation des Trennsystems für Schmutz- und Regenwasser erfolgte nach der Fertigstellung des Kanalsystems innerhalb Groß-Berlins. Da sich die durch die fortgeschrittene Entwicklung im Umgang mit dem Abwasser mehr und mehr herausstellte, dass man das gesammelte Abwasser auch biologisch reinigen sollte, war es nicht mehr rentabel sowohl Abwasser als auch Regenwasser in einem System zu sammeln und abzutransportieren. Nachdem sich die Rieselfelder als bewährte Methode etabliert hatten ging man in der Weiterentwicklung dazu über, die mechanische Reinigung durch Rechenanlagen um eine Komponente zu erweitern. Die biologische Reinigung durch Mikroorganismen, welche den Faulschlamm und andere organische Substanzen zersetzen, wurde erfolgreich in Testversuchen entwickelt und kam flächendeckend zur Anwendung. Durch die Separation der beiden Abwasserarten verringerte sich somit die zu behandelnde Menge an Wasser. Die entstehenden Mehrkosten durch Reinigung des gesamten Abwassers hätten in keiner Relation zum Aufwand gestanden. Von daher wurde ein System entwickelt, welches das Regenwasser separat abtransportiert und kontrolliert in den natürlichen Kreislauf zurückführt ohne es vorher mit dem Abwasser der Haushalte zu vermengen.

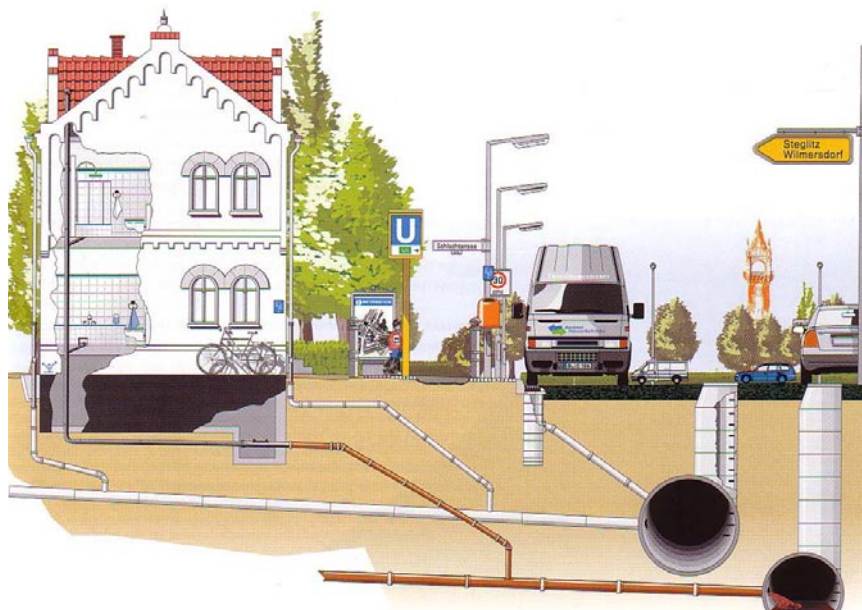


Abb. 15
Kanaltrennsystem
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

5.3 Verteilung des Rohrnetzes

Beide Formen des Kanalsystems sind für die Stadt Berlin noch im Einsatz. Das Mischsystem erstreckt sich innerhalb des Stadtzentrums und deckt ungefähr ein Viertel der Fläche Berlins. Es wurde hauptsächlich in den Stadtteilen Mitte, Charlottenburg, Friedrichshain-Kreuzberg und Spandau verlegt. Das Trennsystem, welches später installiert wurde erstreckt sich über die restlichen 75 % Berlins.

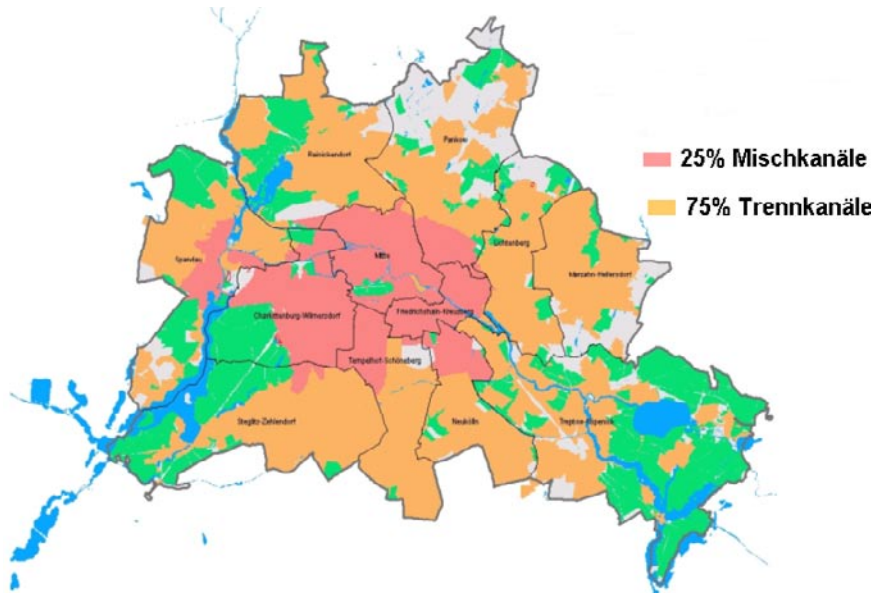


Abb. 16
Verteilung der Kanalsysteme
Quelle: Berliner Wasserbetriebe

6. Das Berliner Abwassersystem als Schema

Zur Analyse des Berliner Abwassers stellen wir erst einmal ein grobes und allgemeines Schema für das gesamte System auf. Das Gut, das unser System durchläuft, ist das Abwasser.

Nun haben wir als erstes eine Abgrenzung des Systems vorgenommen, d.h. die Grenzen werden definiert. Als die Grenze, an der unser System beginnt, legen wir die Schnittstelle zum Trinkwasser fest, also die Stelle, an der Trinkwasser zu Schmutzwasser wird und in die Kanalisation eingeleitet wird. Der Systemaustritt liegt dort, wo das gereinigte Wasser der Natur wieder zugeführt wird.

Die Inputmenge lässt sich auf vier verschiedene Abwassererzeuger aufteilen, für welche die prozentualen Werte an der Abwassererzeugung für Berlin bekannt sind. Die erste Gruppe sind die privaten Haushalte mit 67,8%, dann kommen sonstige Kunden mit 12,4%. Die Industrie ist mit einem Anteil von 10,4% beteiligt. Außerdem werden aus dem Berliner Umland Abwasser in das Berliner Netz eingeleitet, welches einen Anteil von 9,4% vom Gesamtwert ausmacht.

Das System selber besteht aus verschiedenen Subsystemen, dem Abwasserkanalsystem, den Pumpwerken, dem Abwasserdruckrohrnetz und den Klärwerken.

Das Abwasserkanalsystem hat eine Länge von 9000 km und unterteilt sich in Mischwasserkanäle (1900 km), in Schmutzwasserkanäle (3900 km) und Regenwasserkanäle (3100 km). Dann gibt es die 146 Pumpwerke, welche am tiefsten Punkt ihres Einzugsgebietes liegen, das Abwasser sammeln und es über das Abwasserdruckrohrnetz (1000 km) zu den sechs Klärwerken in Berlin pumpen.

Als Output wird das gereinigte Abwasser von den Klärwerken über Druckrohre wieder in die Oberflächengewässer eingeleitet.

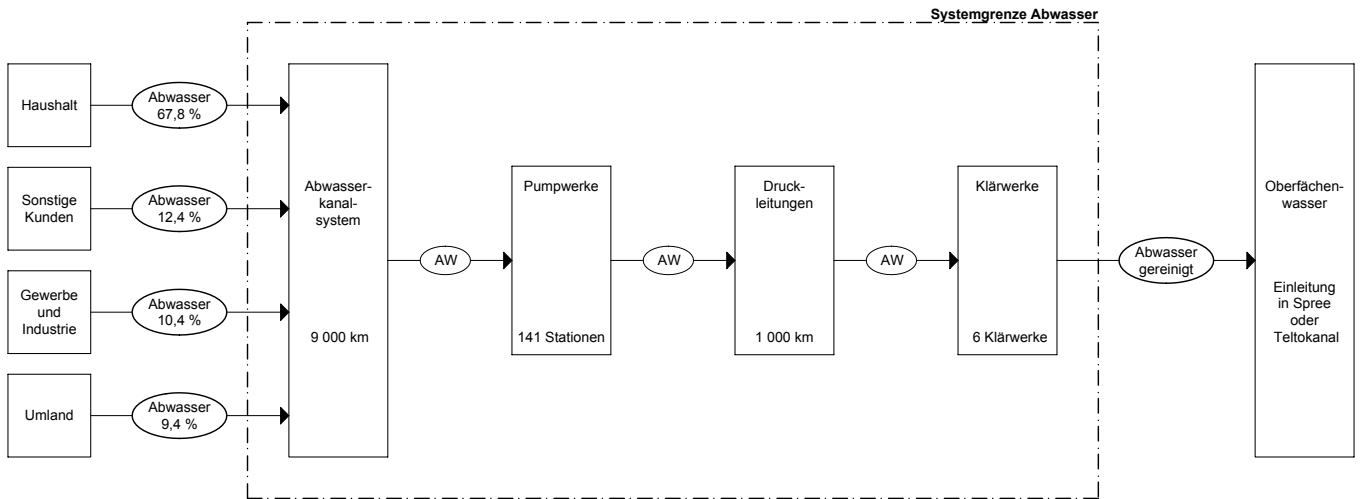


Abb. 17
 Berliner Abwassersystem
 Quelle: eigene Darstellung

6.1 Abwasserverteilung

Die Einwohnerzahl der Stadt Berlin beläuft sich zur Zeit auf circa 4 Millionen Einwohner. Im Durchschnitt produziert jeder Einwohner der Stadt pro Tag circa 120 l Abwasser. Inklusiv der Industrieabwässer kommt Berlin auf eine durchschnittliche Menge von 170 l pro Person. Daraus ergibt sich ein tägliches Gesamtvolumen von circa 693.000 cbm pro Tag.

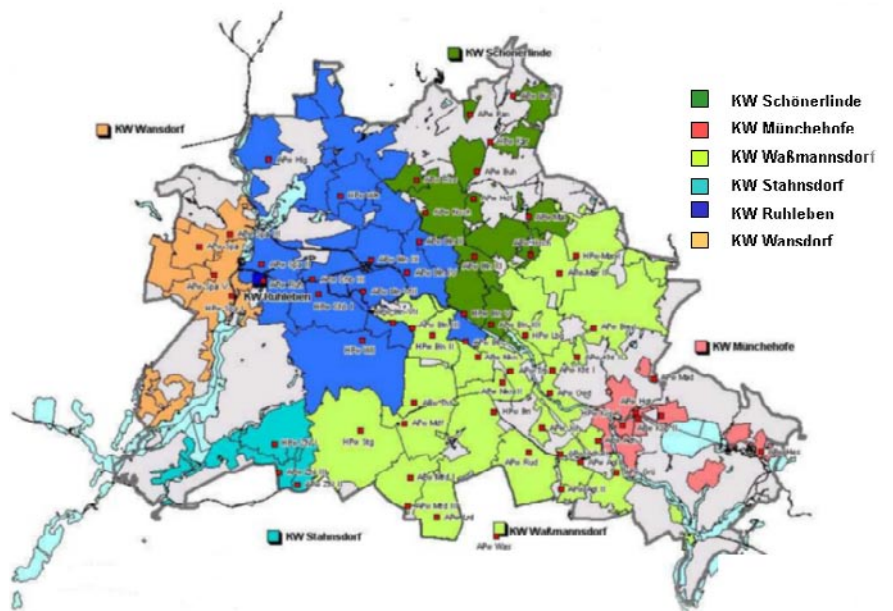


Abb. 18
 Einzugsgebiete der Klärwerke
 Quelle: Berliner Wasserbetriebe

7. Klärwerk Ruhleben



Abb. 19
Luftbild Klärwerk Ruhleben
Quelle: Hilmer Bärthel, Geklärt

7.1. Chronik

1963 - Inbetriebnahme der ersten Ausbaustufe des Klärwerks. Ausfällung des Schlammes erfolgt in Faulbehältern.

1973 - Bau eines neuen Einlaufbauwerkes mit vier Einlaufrinnen und jeweils einem Grob- und Feinrechen und nachgeschaltetem Sandfang. Inbetriebnahme des Klarwasserpumpwerks mit einer Druckleitung zum Teltowkanal.

1983 - Inbetriebnahme einer zweiten Ausbaustufe mit acht Vorklärbecken und sechs Nachklärbecken.

1984 - Inbetriebnahme des Sammelpumpwerks und Steuerung über ein Prozessleitsystem.

1985 - Inbetriebnahme der Schlamm entwässerung und -verbrennung.

1986 - Inbetriebnahme der großtechnischen Versuchsanlage „Verfahrenskombination zur Phosphor- und Stickstoffeliminierung“

1988 - Einführung einer chemischen Phosphateliminierung durch Zugabe von Eisen(II)- Sulfat (Simultanfällung) bei Ausfall der biologischen Phosphateliminierung.

1989 - Inbetriebnahme einer weitergehenden Rauchgasreinigungsanlage mit nasser Rauchgaswäsche auf Kalksteinbasis.

1990 - Erweiterung der zweiten Ausbaustufe durch zwei neue Belebungsbecken.

1992- 1993 - Erweiterung der Vorklärung

1993 - Sanierung und Umbau der zweiten Ausbaustufe; Inbetriebnahme der dritten Ausbaustufe zur Verbesserung der Reinigungsqualität.



Abb. 20
Klärwerk Ruhleben
Quelle: Michael Prytula, TU Berlin

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Einlaufanlage | 15. Maschinenhaus III |
| 2. Rechenanlage | 16. Maschinenhaus IV |
| 3. Sandfang | 17. Öltanklager |
| 4. Vorklärbecken | 18. Fällmittelstation |
| 5. Belebungsbecken | 19. Kanalbetriebsgebäude |
| 6. Nachklärbecken | 20. Schalthaus |
| 7. Chlorkontaktstrecke (stillgelegt) | 21. Abwasserpumpwerk |
| 8. Mischschlammwischenspeicher | 22. Sammelpumpwerk |
| 9. Mischschlammgleichsbehälter | 23. Abwasserhebwerk |
| 10. Wasserschloss | 24. Rohrkanal |
| 11. Maschinenhaus I | 25. Umspannwerk |
| 12. Betriebsgebäude | 26. Laboratorien |
| 13. Zwischenbau | 27. Klarwasserpumpwerk |
| 14. Betriebsgebäude | |

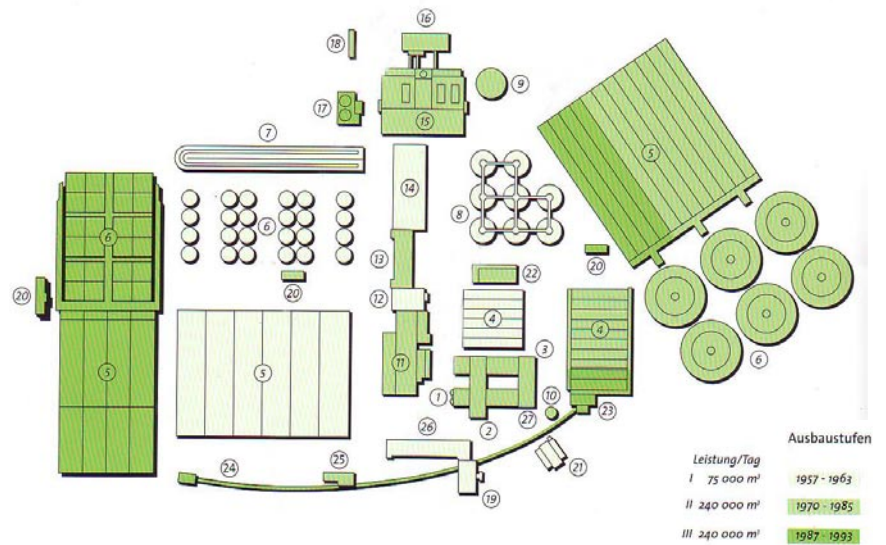


Abb. 21
 Lageplan Klärwerk Ruhleben
 Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
 Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

7.2 Abwasserbehandlung

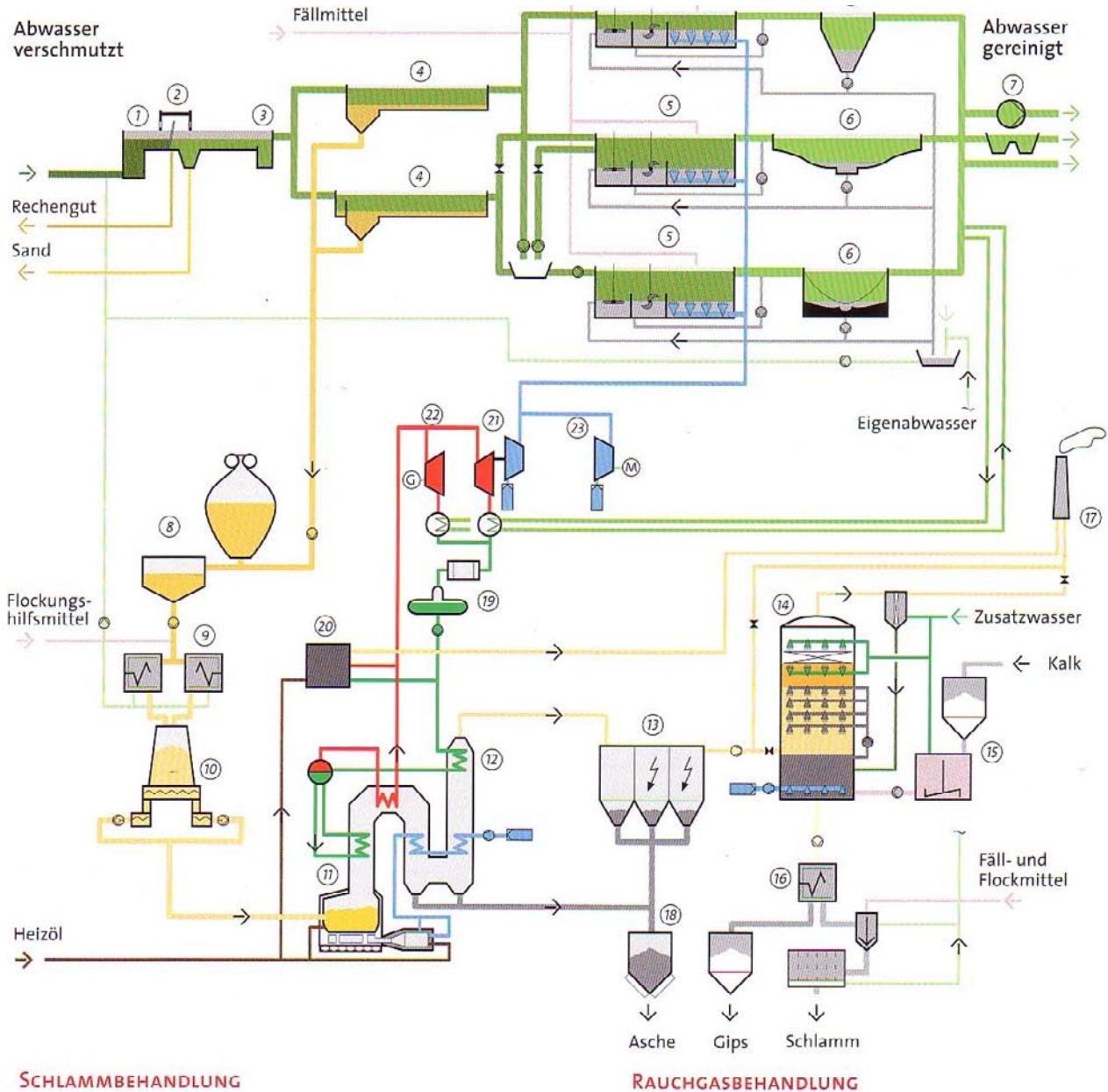
In der Kläranlage Ruhleben besteht der erste Anlagenabschnitt aus der mechanischen Reinigung, die aus der Einlaufanlage, der Rechenanlage, dem Sandfang und der Vorklärung besteht. Die drei erstgenannten Einrichtungen sind räumlich zusammengefasst.

In der Einlaufanlage (1) wird das ankommende Abwasser in einer Mischstrecke mit dem Eigenabwasser z.B. dem bei der Schlammwässerung anfallendem Abwasser vermischt. In der Einlaufanlage wird das Abwasser auf sechs Gerinne verteilt. Die Gerinne einschließlich Rechenanlage sind abgedeckt und die Abluft wird zur Verringerung von Geruchsemissionen über eine Abluftreinigungsanlage abgeleitet.

In der Rechenanlage (2) werden alle groben Verunreinigungen des Abwassers wie Textilien, Hygieneartikel, Verpackungsmaterial, Speisereste über sechs Gerinne mit jeweils Feinrechen zurückgehalten. Die Rechen werden durch Harken gesäubert, wenn die Stauhöhe vor dem Rechen wegen des zurückgehaltenen Rechenguts einen festgesetzten Wert überschreitet. Das Rechengut wird gepresst, in offenen Containern gesammelt und zur Deponie gebracht.

Hinter der Rechenanlage befindet sich der Sandfang (3). Er besteht aus sechs Gerinnen. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 30 cm/sec setzen sich grobe mineralische Stoffe wie Sand, Kies und Steine am Boden ab. Der Sand wird durch Schildräumer gegen die Strömungsrichtung des Abwassers in Trichter geschoben und von dort durch Druckluftheber in Sandwaschbehälter gefördert. In den Sandwaschbehältern wird der Sand weitgehend von organischen Bestandteilen getrennt und anschließend in Containern gesammelt.

Das Abwasser fließt danach in die Vorklärbecken (4). Für die Vorklärung stehen sechzehn Rechteckbecken in zwei Beckengruppen mit sechs und zehn Becken zur Verfügung. Durch Herabsetzen der Strömungsgeschwindigkeit auf 1,5cm je Sekunde lassen sich jetzt auch leichtere Schlammteilchen vom Wasser trennen. Die Schlammteilchen setzen sich am Beckenboden ab und die schwimmfähigen Teilchen sammeln sich an der Wasseroberfläche. Den abgesetzten Schlamm, nachfolgend als Mischschlamm bezeichnet, schieben Bandräumer gegen die Strömungsrichtung in die Schlammtrichter. Der Schlamm wird zwischengespeichert und anschließend zur Schlammbehandlung gepumpt. Die Schwimmstoffe, die größtenteils aus Fett bestehen, werden durch ein Paddelwerk von der Oberfläche entfernt.



- | | | |
|--|--|---|
| 1. Einlaufanlage | 9. Schlammwässerung | 17. Rauchgasableitung |
| 2. Rechenanlage | 10. Schlammkuchensilo | 18. Aschebunker |
| 3. Sandfang | 11. Wirbelschichtofen | 19. Kondensataufbereitung |
| 4. Vorklärung | 12. Abhitzekeessel | 20. Not- und Spitzdampfkessel |
| 5. Belebung | 13. Elektrogasreinigung | 21. Turbinen-Verdichteranlage (Druckluftherzeugung) |
| 6. Nachklärung | 14. Sprühturm | 22. Turbo-Generator-Anlage |
| 7. Klarwasserpumpwerk | 15. Suspensionsaufbereitung | 23. Elektro-Verdichter-Anlage |
| 8. Mischschlammausgleichbehälter und -speicher | 16. Gipsentwässerung/ Abwasseraufbereitung | |

Das mechanisch vorgeklärte Abwasser fließt in die biologische Reinigungsanlage (5). Die Verteilung des Abwassers auf die biologische Reinigungsstufe erfolgt derart, dass die Raumbelastung in allen Belebungsbecken gleich ist. In den Belebungsbecken werden die im Abwasser gelösten organischen Stoffe sowie Phosphate und Stickstoffverbindungen abgebaut. Der Abbau erfolgt durch Bakterien und andere Mikroorganismen, die den belebten Schlamm bilden. Die Mikroorganismen nehmen die im

Abb. 22
Verfahrensübersicht
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

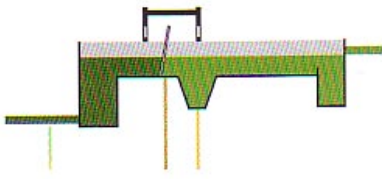


Abb. 23
 Mechanische Reinigung
 Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
 Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

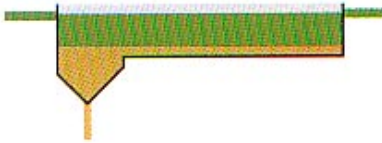


Abb. 24
 Vorklärung
 Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
 Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

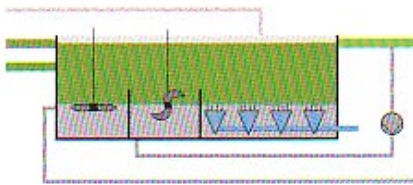


Abb. 25
 Biologische Reinigungsstufe
 Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
 Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe



Abb. 26
 Dortmund-Becken
 Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
 Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

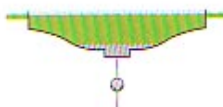


Abb. 27
 Rundbecken
 Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
 Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

Abwasser befindlichen organischen Stoffe und Teile der anorganischen Stoffe auf, verarbeiten sie weiter oder machen sie für andere Mikroorganismen verfügbar.

Der erste Teil der Belebungsbecken wird sauerstofffrei gehalten, die anaerobe Zone. Dadurch wird eine vermehrte biologische Entfernung der Phosphate aus dem Abwasser möglich. Danach wird in der aeroben Zone sehr viel Sauerstoff in das Abwasser gebracht. Das geschieht durch das Einblasen von Druckluft. Mit Sauerstoff und Nahrung versorgt, können sich die Bakterien innerhalb von 24 Stunden im Verhältnis eins zu einer Million vermehren und etwa 90% der im Abwasser enthaltenen Phosphate aufnehmen. Ohne den Wechsel von anaerober und aerober Zone würden die Mikroorganismen nur etwa 30% der im Abwasser enthaltenen Phosphorverbindungen aufnehmen. Um die vorgeschriebenen Konzentrationen von Stickstoffverbindungen im Ablauf der Anlage zu erreichen, werden durch weitere Verfahrensschritte Lebensbedingungen für nitrifizierende und denitrifizierende Mikroorganismen geschaffen. Das im Abwasser befindliche Ammonium wird in der aeroben Zone über Nitrit zu Nitrat oxidiert. Um eine Abbaurate des Nitrats von nahezu 80 % zu erreichen, wird das Drei- bis Vierfache des Zulauf-Volumen-Stromes als Rücklauf von der anaeroben Zone in die anoxische Zone gepumpt.

Die anoxische Zone ist ein Bereich, in dem gebundener Sauerstoff vorhanden ist, um das Nitrit zu molekularem Stickstoff zu reduzieren. Um den Wirkungsgrad zu erhöhen, wird das Abwasser-Schlamm-Gemisch durch horizontal wirkende Rührwerke umgewälzt. Die Verweildauer des Abwassers in den Belebungsbecken beträgt bei Trockenwetter insgesamt etwa 18 Stunden. In der anaeroben Zone 3 Stunden, in der aeroben Zone 9 Stunden und in der anoxischen Zone 6 Stunden. Sollte der geforderte Ablaufwert für Phosphor durch die biologische Phosphorentfernung nicht eingehalten werden, ist eine chemische Simultanfällung der Phosphate möglich. Hierbei wird das Fällmittel Eisen(II)- Sulfat in gelöster Form in die Becken der biologischen Reinigungsstufe eingebracht. Es entsteht Eisen(III)- Phosphat, das mit dem biologischen Schlamm vermischt ist.

Das Abwasser gelangt nun von den Belebungsbecken in die Nachklärbecken (6). Hier hat der belebte Schlamm mehrere Stunden Zeit, sich abzusetzen. Den abgesetzten Schlamm schieben umlaufende Räumler vom Beckenboden in Schlammtrichter. Im Klärwerk Ruhleben sind drei verschiedene Beckenarten im Einsatz. Die 24 vertikal durchströmten Dortmundbecken sind tief in den Boden abgesenkt. Sie sind im oberen Teil zylindrisch und haben einen kegelförmigen Schlammtrichter. Der Schlamm sinkt in die Tiefe und wird mit Pumpen abgezogen. Das Klarwasser wird durch gelochte Rohre, die sich 0,5 m unter der Wasseroberfläche befinden, aus dem Becken abgeleitet. An der Wasseroberfläche wird der zeitweilig entstehende Schwimmschlamm mechanisch geräumt.

Die zweite Beckenart sind die Rundbecken, von denen sechs in Ruhleben betrieben werden. Sie werden horizontal durchströmt. Diese zylindrischen Becken haben eine flach geneigte Trichtersohle. Der sich absetzende Schlamm wird durch Räumler kontinuierlich in die Mitte des Beckens geschoben und von dort abgezogen. Das Klarwasser wird hier ebenfalls durch gelochte Rohre, die sich 0,5 m unter der Wasseroberfläche befinden, aus dem Becken abgeleitet. Schwimmschlamm, der sich an der Oberfläche sammelt, wird durch Räumerschilde in Sammelrohre (Skimmer) geschoben und kann von dort je nach Verfahrensführung sowohl in die Einlaufanlage des Klärwerkes als auch in die Belebungsbecken gefördert werden.

Die dritte Art sind die 24 vertikal durchströmten Berliner Becken. Sie wurden platzsparend mit quadratischem Grundriss schachbrettartig zusammengefasst. Der abgesetzte Schlamm wird in jedem Becken von einem Bodenräumer mit Schwenkarm, der an die Außenkanten des Bek-

kens gedrückt wird, in den zentralen Schlammtrichter geschoben und abgepumpt. Das Klarwasser wird auch hier durch gelochte Rohre 0,5 m unter der Wasseroberfläche abgezogen. Die Schwimmschlammräumung geschieht durch Räumbrücken, die jeweils sechs hintereinanderliegende Becken bedienen. Das gereinigte Abwasser wird in den Monaten April bis September, der Badesaison, von einem Pumpwerk (7) über eine 16 km lange Druckleitung mit einem Durchmesser von 1,6 m zum Teltowkanal im Süden Berlins gefördert. Das Pumpwerk hat vier Kreiselpumpen, deren Förderleistung insgesamt 3,5 cbm/sec beträgt.

Zur Sicherung der Druckleitung gegen mechanische Beschädigung bei Druckstößen dient ein Standrohr, Wasserschloss genannt, mit einem Fassungsvermögen von 3000 cbm. In den Monaten Oktober bis März fließt das Klarwasser direkt in die Spree.

7.3 Schlammbehandlung

Sämtlicher in der Abwasserbehandlung anfallender Schlamm wird aus den Absatzbecken der Vorklärung abgezogen und in die Mischschlamm-ausgleichsbehälter (8) gepumpt. Von dort wird die Schlammbehandlung konstant versorgt. Die Schlammbehandlung im Klärwerk Ruhleben erfolgt in zwei Verfahrensschritten, in der maschinellen Entwässerung und der Verbrennung.

Die mechanischen Schlammmentwässerung (9) besteht aus drei parallel arbeitenden Verbrennungsstrassen mit je zwei Zentrifugen. Der Mischschlamm wird bei Eintritt in die Zentrifugen

mit polyelektrolytischen Flockungshilfsmitteln chemisch konditioniert. Der erreichbare Trockenrückstand liegt bei etwa 24-28%. Das Zentrifugat mit einer Trockenmassenkonzentration von unter 0,1% fließt über einen Sammelbehälter zu den Zentrifugatpumpen und wird von dort wieder zum Einlauf des Klärwerkes gepumpt. Der entwässerte Schlamm von je zwei Zentrifugen fällt in ein Schlammkuchensilo (10), das jeder der drei Verbrennungsstrassen vorgeschaltet ist. Zwei Dickstoff-Kolbenpumpen fördern den Schlammkuchen jeweils über eine 40 m lange Rohrleitung zu insgesamt vier Aufgabestellen pro Wirbelschichtofen, von denen es im Klärwerk Ruhleben drei Stück gibt. Durch Eindüsen von geringen Mengen eines Gleitmittels (z.B. Heizöl) kann der Förderdruck der Pumpen erheblich gesenkt werden.

Jeder der drei Wirbelschichtöfen (11) hat eine Leistung von 47G J/h und kann maximal 3,7 t/h Trockenmasse verbrennen. Das sind ca. 15 t/h Schlammkuchen bei 25% Trockenrückstand, entsprechend der maximalen Anlagenleistung. Zur Geruchsneutralisierung ist bei der Verbrennung eine Mindesttemperatur von 850°C im Ofenkopf einzuhalten. Sie wird durch Zugabe von Heizöl über die Vorbrennkammer oder über Öllanzen direkt in das Wirbelbett erreicht. Die durch das Wirbelluftgebläse geförderte Luft wird im Abhitzekeessel auf etwa 420°C und in der Vorbrennkammer durch das Verbrennen von Heizöl je nach Erfordernis weiter bis auf maximal 800°C vorgewärmt und in die Windbox geleitet.

Die Verbrennungsluft hält das Quarzsandbett von 35 t über dem Düsenboden in der Schwebelage. Der Schlammkuchen wird durch Lanzen in das Wirbelbett eingetragen, das eine Temperatur von ca. 750 °C hat. Das im Schlammkuchen enthaltene Wasser verdampft explosionsartig und zerreißt den Schlamm. Der wirbelnde Quarzsand zerreibt den Schlamm, so dass für die Verbrennung eine sehr große Oberfläche zur Verfügung steht. Die Verweilzeit der Gase im Verbrennungsraum beträgt bei maximaler Leistung vier Sekunden. Um die Anlage und deren Umgebung von Gerüchen freizuhalten, wird die Verbrennungsluft vorwiegend aus den geruchsbelasteten Bereichen abgesaugt.



Abb. 28
Berliner Becken
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

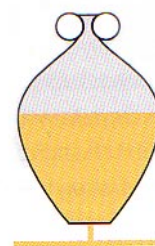


Abb. 29
Faulbehälter
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe



Abb. 30
Zentrifugen
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

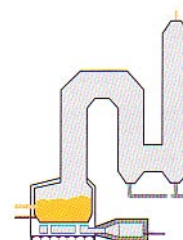


Abb. 31
Verbrennungsraum
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

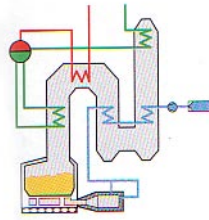


Abb. 32
Abwärmenutzung
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

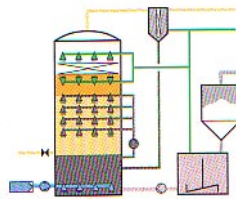


Abb. 33
Rauchgaswäsche
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe



Abb. 34
Aschebunker
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk
Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

Die Rauchgase verlassen den Wirbelschichtofen mit einer Temperatur von 850-870 °C.

Im Abhitzeessel (12) wird durch Wärmetauscher die Energie übertragen und vorrangig für die Dampferzeugung sowie zur Vorwärmung der Verbrennungsluft und des Kesselspeisewassers genutzt. Der Dampf wird für die Bereitstellung von Druckluft und zur Elektroenergieerzeugung eingesetzt. Die Heizflächen werden durch Rußbläser gereinigt. Die gesamte Verbrennungsanlage arbeitet im Unterdruck, der durch die Rauchgasgebläse erzeugt wird und eine Staubbelastung im Gebäude verhindert.

Die im Abhitzeessel auf 170-210 °C abgekühlten Rauchgase werden mit einem drehzahlgeregelten Rauchgasgebläse abgesaugt. Anschließend strömen sie durch den der entsprechenden Verbrennungsstrasse zugeordneten Elektrofilter (13) und werden nach Passieren der Rauchgaswäsche über den 96 m hohen Schornstein in die Atmosphäre geleitet.

Die weitergehende Rauchgasreinigung erfolgt seit Februar 1989 als nasse Rauchgaswäsche (14) mit Kalk als Absorptionsmittel. Für die Behandlung der Rauchgase werden bei einem durchschnittlichen Schwefeldioxidgehalt täglich 2,5 t Kalk in der Suspensionsaufbereitung (15) benötigt. Ein Reaktionsprodukt der nassen Rauchgasbehandlung ist Gips, täglich entstehen davon ca. 7 t.

Nach der Gipsentwässerung (16) hat der Gips eine Restfeuchte von weniger als 10 %. Der Gips wird der Bau- und Zementindustrie als Wirtschaftsgut zur Verfügung gestellt.

Ein Restprodukt ist der Schlamm, von dem ca. 100 kg/d entstehen. Der Schlamm gilt als Sondermüll und wird momentan noch auf einer Deponie abgelagert, ab 2005 wird er rekultiviert.

Die in den Trichtern des zweiten und dritten Kesselzuges sowie im Elektrofilter anfallende Asche wird pneumatisch zu den vier Aschebunkern (18) gefördert. Aus dem Aschebunker wird die Asche abgezogen, gegebenenfalls befeuchtet, auf Fahrzeuge verladen und abtransportiert. Täglich fallen ca. 30 t Asche an. Sie wird zur Zeit als Bergbauversatz verwendet.

8. Systemanalyse

8.1 Unterscheidung der Stoffströme

Es gibt zwei verschiedene Arten von Stoffströmen, die für die weitere Analyse und Bewertung der Abwasserreinigung betrachtet werden müssen.

Als erstes die Stoffströme, die im direkten Zusammenhang mit Abwasserbehandlung, also hier hauptsächlich der Reinigung des Abwassers, stehen. Diese lassen sich mit Zahlen relativ gut belegen und werden später anhand des Beispiels Klärwerk Ruhleben genau betrachtet.

Die zweite Art von Stoffströmen sind die sogenannten „Grauen Energien“ bzw. „Ökologischen Rucksäcke“, welche nicht direkt mit dem System in Verbindung gebracht werden.

8.2 Ökologische Rucksäcke

Die Grauen Energien des Abwassersystems ergeben sich aus der Betrachtung der Lebenszyklen der baulichen und technischen Anlagen. Dabei werden diese Stoffströme analysiert und bewertet, welche zur Erstellung, Nutzung, Erneuerung und Entsorgung der Gebäude und Maschinen nötig sind.

Aufgrund der Tatsache, dass das Berliner Abwassersystem über nun mehr als hundert Jahre gewachsen ist, kann man keine genaue qualitative geschweige denn quantitative Betrachtung mehr vornehmen. Die meisten

Daten der Kosten und Materialien, die zur Entstehung des heute existierenden Abwassersystems, bzw. hier des Klärwerks, benötigt wurden, lassen sich nicht mehr beschaffen. Außerdem wäre es schwierig, für den Vergleich der Daten von vor hundert Jahren mit den heutigen Zahlen einen sinnvollen Vergleichsmaßstab zu finden.

Auch die Analyse der heutigen Daten wirft enorme Schwierigkeiten auf, da sich für die Lebenszyklen der verschiedenen technischen und baulichen Anlagen völlig verschiedene Zeiträume ergeben, da Gebäude eine andere Nutzungsdauer haben als Maschinen.

Auch wird die Frage aufgeworfen, welche Zeitspanne für die einzelnen Anlagen in die Bewertung eingebracht wird, weil man das genaue Datum der Entsorgung jetzt noch nicht hervorsehen kann. Man kann also erst einmal nur den Abschreibzeitraum oder die vorgesehene Laufzeit betrachten, wird jedoch die tatsächliche Lebensdauer nicht berücksichtigen können.

Aufgrund dieser Problematik haben wir die ökologischen Rucksäcke nur als einfaches Schema dargestellt, ohne eine qualitative bzw. quantitative Bewertung vorzunehmen.

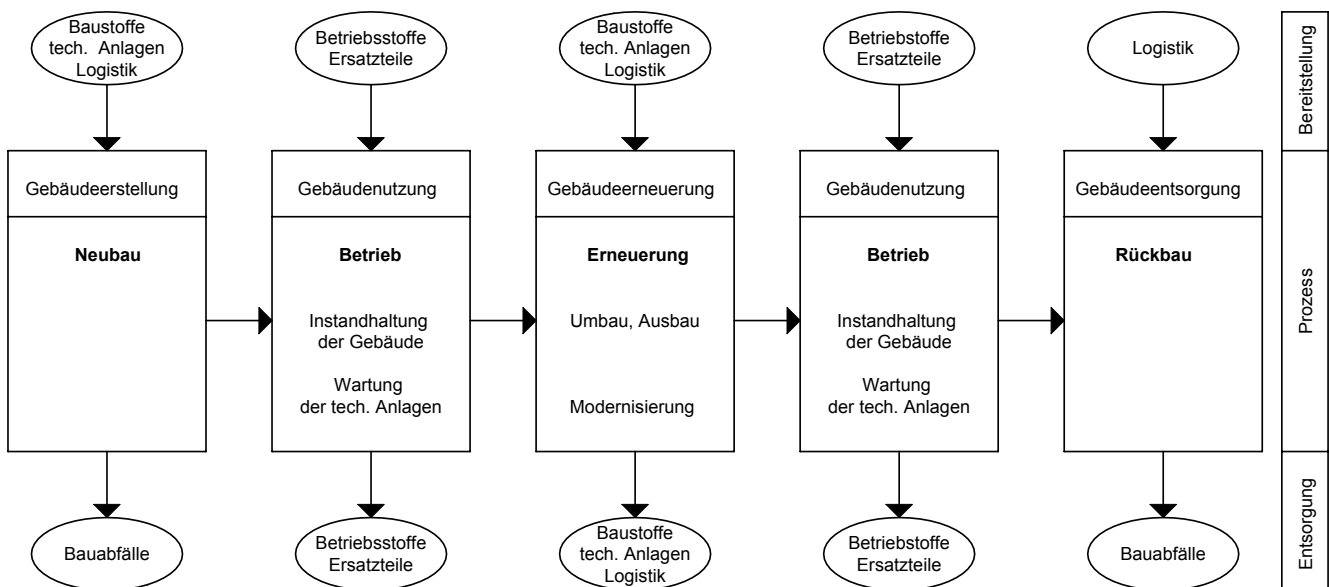
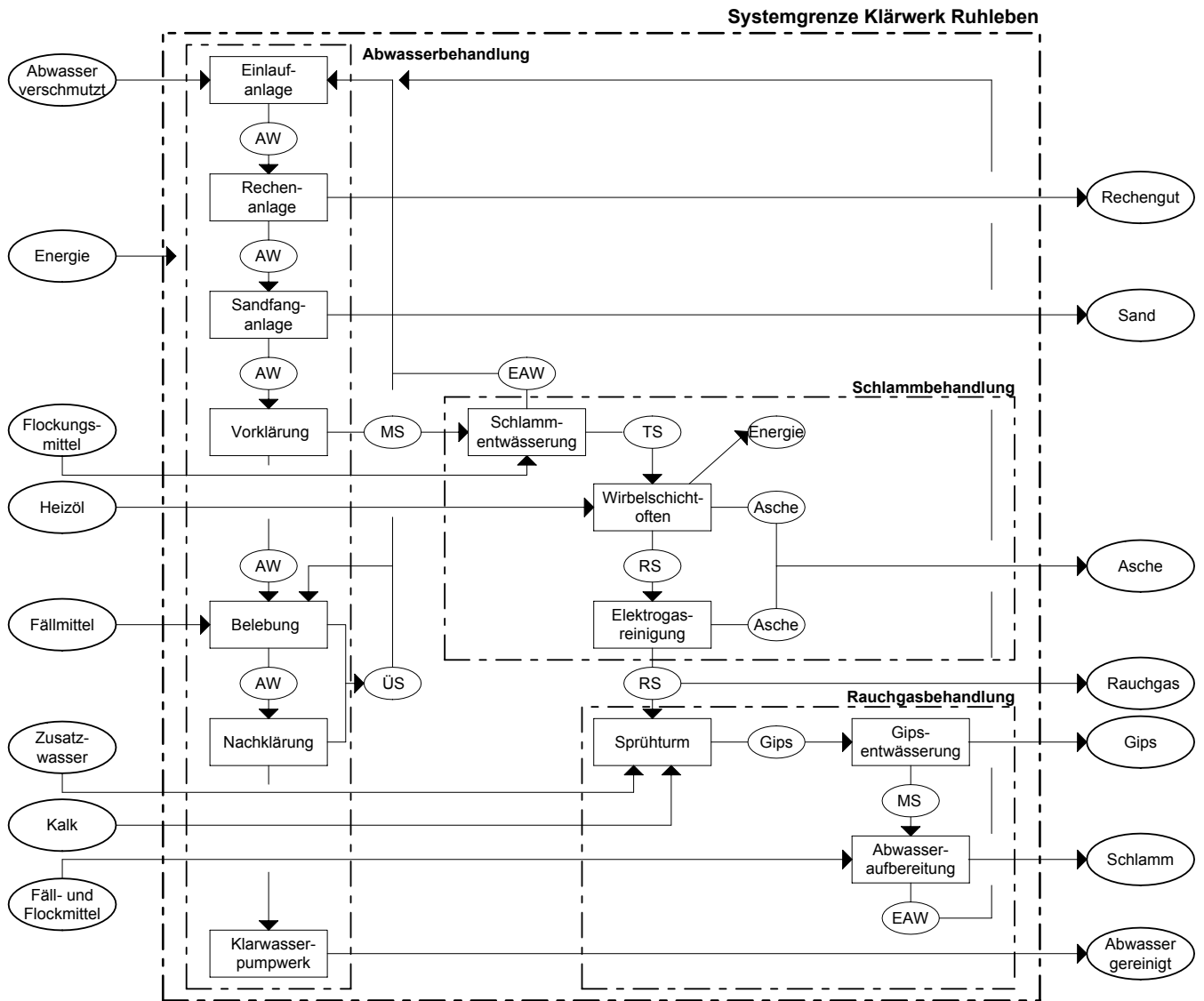


Abb. 35
Ökologische Rucksäcke
Quelle: Eigene Darstellung

8.3 Systemanalyse Klärwerk Ruhleben

Für die Darstellung des Metabolismus der Stadt Berlin im Versorgungssektor Abwasserbehandlung wurde hier als Systemgrenze das Klärwerk Ruhleben ausgewählt. In der Systemanalyse wird gezeigt, welche Stoffflüsse bewegt werden, von wo nach wo sie fließen und wie sie sich im Laufe der Behandlung verändern.

Das System Klärwerk Ruhleben teilt sich in drei Subsysteme, in die Abwasserbehandlung, in die Schlammbehandlung und die Rauchgasbehandlung.



AW - Abwasser, EAW - Eigenabwasser, MS - Mischschlamm, ÜS - Überschussschlamm, TS - Trockenstoff, RS - Rauchgas

Abb. 36
 Systemanalyse
 Quelle: Eigene Darstellung



Abb. 37
 Gereinigtes Abwasser
 Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

8.3.1 Abwasserbehandlung

Das verschmutzte Abwasser geht als Input in die Abwasserbehandlung. Es ist das größte Inputgut des gesamten Systems. Im Jahr 2003 wurden durchschnittlich 212.000 cbm Abwasser pro Tag gereinigt. Da die Menge des Wassers bei der Behandlung nicht beeinflusst wird, ist die Outputgröße des gereinigten Wassers gleich der Inputgröße des verschmutzten Abwassers. Das gereinigte Abwasser entspricht keiner Badequalität und wird aus diesem Grund in den Monaten von April bis September über lange Druckrohre in das Oberflächenwasser des Teltowkanals abgeleitet. In den Monaten von Oktober bis März sind kürzere Wege, über die Einleitung in die Spree möglich.

Der Input von Energie kann leider nur als eine Gesamtgröße angegeben werden, da nur Angaben für das gesamte Klärwerk erhältlich waren. Der Energiebedarf liegt bei maximal 7.000 kW. Für die Belebung ist ein weiteres Inputgut, das Fällmittel Eisensulfat, notwendig. Im Jahr 2003 wurden 809

Tonnen Eisen(II)-Chlorid verwendet bzw. verarbeitet. Bei der Abwasserbehandlung entstehen verschiedene Outputs. Der Überschussschlamm aus der Belebung und Nachklärung wird wieder zum Input für die Belebung und für die Einlaufanlage. In die Belebung werden 95 % wieder eingeleitet und 5 % gehen als Eigenabwasser in die Einlaufanlage zurück. Der aus der Vorklärung entstandene Mischschlamm wird in der Schlammbehandlung weiterverarbeitet. Im Jahr 2003 waren dies 2.300 cbm pro Tag. Der in der Sandfanganlage gesammelte Sand wird gewaschen und weitgehend von organischen Bestandteilen getrennt. Der so gereinigte Sand, etwa 2-3 t pro Tag, wird in Containern gesammelt und per LKW-Transport zur Müllkippe Groß-Ziethen gefahren. Es wird an einer Möglichkeit gearbeitet, den Sand ab 2005/2006 in einer Bodenwaschanlage zu reinigen, um ihn im Straßenbau verwenden zu können. Somit würde das Outputgut Sand zu einem Input für einen weiteren Stoffkreislauf. In der Rechenanlage wird das sogenannte Rechengut zurückgehalten, wozu Schmutzstoffe wie Papier, Textilien, Holz und Plastik zählen. Die täglich anfallende Menge von 5-6 t wird gepresst, in offenen Containern gesammelt und anschließend mit dem LKW zur Kompostieranlage nach Hannover transportiert. Durch diese Kompostierung werden die Stoffe wieder in den Stoffkreislauf zurückgegeben.

8.3.2 Schlammbehandlung

Für die Schlammbehandlung wird ein aufwendiges Verfahren verwendet. Dabei wird das Inputgut Mischschlamm mit Hilfe von weiteren Inputs verarbeitet. Wie bei den Ausführungen zur Abwasserbehandlung bereits erwähnt, ist nur der gesamte Energiebedarf des Klärwerkes bekannt. Eine detaillierte Darstellung ist leider nicht möglich. Insgesamt 384 t Flockungsmittel, ein kationisches Polyacrylamid in 40%-iger Lösung, wurden 2003 für die Schlammwässerung verwendet. Um dem Mischschlamm das Wasser, dessen Anteil 95 % beträgt, zu entziehen, ist der Einsatz von Flockungsmitteln notwendig. Es handelt sich dabei um ein kationisches Polyacrylamid in 40%-iger Lösung. Im Jahr 2003 wurden im Klärwerk Ruhleben davon insgesamt 384 t eingesetzt. Das Eigenabwasser geht als Input in die Einlaufanlage der Abwasserbehandlung ein. Im Wirbelschichtofen, für den große Mengen Heizöl notwendig sind, werden die verbleibenden 5 % Trockenstoff verbrannt. In 2003 wurden so 87 t davon behandelt, wofür 10.000 l Heizöl verbraucht wurden. Bei dieser Verwertung entsteht als Output Asche und Rauchgas. Das Rauchgas wird einer Elektrogasreinigung, wo ebenfalls Asche entsteht, unterzogen. Anschließend gelangt ein Teil des Gases über einen Schornstein in die Atmosphäre. Der übrige Teil wird einer Rauchgasbehandlung zugeführt. Die im Rauchgas enthaltene Wärmeenergie wird vorrangig für die Dampferzeugung sowie zur Vorwärmung der Verbrennungsluft und des Kesselspeisewassers genutzt. Überschüssiger Dampf wird in einem Turbinengeneratoraggregat in Elektroenergie umgewandelt. Entsprechendes Zahlenmaterial konnte durch das Klärwerk Ruhleben leider nicht zur Verfügung gestellt werden. Die bei der Schlammbehandlung anfallende Asche, in 2003 betrug dieser Anteil ca. 20-25 t, besitzt einen Phosphatanteil von 10-13 % und einen Eisenanteil von 13-14 %. Sie wird als Füllmaterial im Bergbauversatz eingesetzt.

8.3.3 Rauchgasbehandlung

Seit 1989 wird Klärwerk Ruhleben das Rauchgas, welches nach der Elektrogasreinigung nicht in die Atmosphäre gelangt ist, einer Rauchgaswäsche unterzogen. Dabei wird es im Sprühurm durch die Zugabe von Kalk und Zusatzwasser gewaschen. Dabei entsteht eine Art Gips-Wasserge-



Abb. 38
Absetzbecken
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe



Abb. 39
Rechengut
Quelle: Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben, Berliner Wasserbetriebe

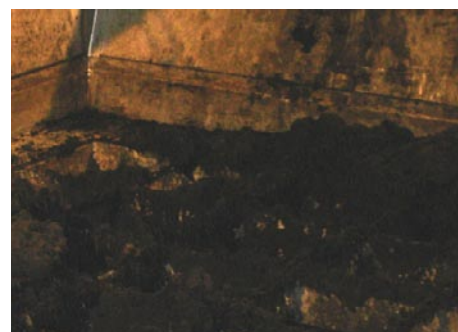


Abb. 40
Trockenstoff
Quelle: Michael Prytula, TU Berlin



Abb. 41
Heizöl-Tank
Quelle: Michael Prytula, TU Berlin



Abb. 42
 Rauchgasanlage
 Quelle: Michael Prytula, TU Berlin

misch, welches anschließend entwässert wird. Nach der Gipsentwässerung entsteht ein Gips mit einer Restfeuchte von weniger als 10 % und Mischschlamm. Bei einem Input von etwa 2 t Kalk pro Tag entstehen ca. 6 t Gips, der als Output der Bau- und Zementindustrie als Wirtschaftsgut zur Verfügung gestellt wird. Der Mischschlamm wird einer weiteren Aufbereitung zugeführt. Dabei wird ein Fäll- und Flockmittel zugegeben. Das dabei entstehende Eigenabwasser geht wieder als Input in die Einlaufanlage der Abwasserbehandlung ein. Ein Problem ist, dass der Schlamm sehr viele Schwermetalle enthält und somit Sondermüll darstellt. Bislang wurde kein Verfahren entwickelt und eingesetzt, um diese Metalle zu trennen und einer Wiederverwertung zuzuführen. Er wird derzeit lediglich in Fässer gefüllt und in ehemalige Salzbergwerke eingelagert.

8.4 Stoffflussanalyse

Das verschmutzte Abwasser wird zu 67,8 % von privaten Haushalten verursacht. Dieses häusliche Schmutzwasser setzt sich aus Toilettenwasser, Küchenwasser mit Gemüse- und Speiseresten, Putzwasser sowie Wasch- und Badewasser zusammen. Ein Anteil von 10,4 % setzt sich aus gewerblichem und industriellem Schmutzwasser zusammen. Aus dem Umland wird 9,4 % verschmutztes Abwasser eingeleitet. 12,4 % des Abwassers werden von sonstigen Kunden abgegeben. In 2003 wurden, unter Zugabe von Energie und Fällmittel, täglich 212.000 cbm Abwasser gereinigt. Die Anteile der Outputs Rechengut, Sand und Mischschlamm liegen jeweils unter einem Prozent des Abwassers. In der Stoffflussanalyse ist zu erkennen, dass der Aufwand für die eigentliche Reinigung des Abwassers gering ist und die Mengenverhältnisse der Outputs zum Abwasser verträglich sind. Während für den überwiegenden Teil der Outputs bereits Möglichkeiten bestehen, diese dem Stoffkreislauf wieder zuzuführen (siehe Rechengut) bzw. Lösungen dafür unmittelbar bevorstehen (siehe Sand) liegen für einen geringen Teil (Asche, Schwermetalle) derartige Verfahren bislang nicht vor.

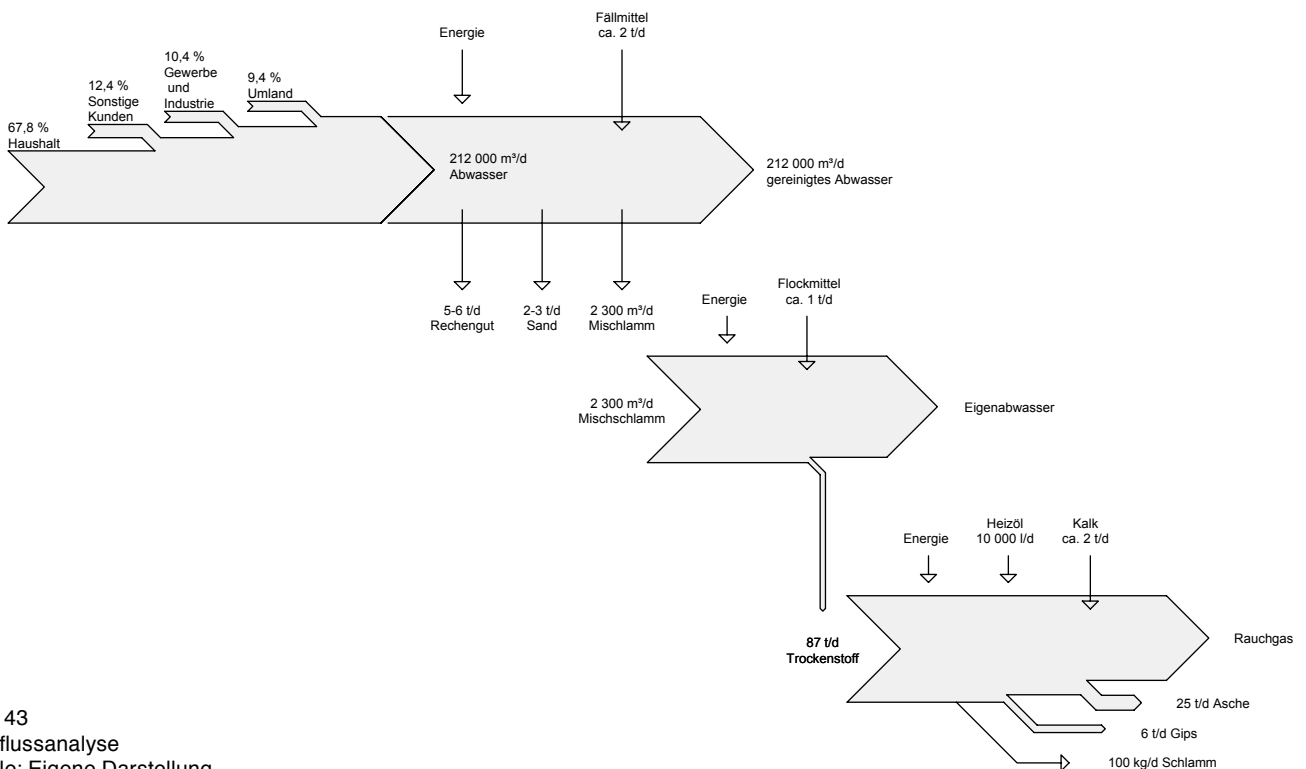


Abb. 43
 Stoffflussanalyse
 Quelle: Eigene Darstellung

Input Güter		
Abwasser verschmutzt	212 000 m ³ /d	
Flockungsmittel	1,05 t/d	384 t/a kationisches Polyacrylamid (40%-ige Lösung)
Heizöl	10 000 l/d	
Fällmittel	2,22 t/d	809 t/a Eisen(II)-Chlorid (20%-ige Lösung)
Kalk	2,38 t/d	870 t/a
Output Güter		
Rechengut	5-6 t/d	gepresstes Rechengut gelangt in Containern per LKW zur Kompostieranlage Hannover
Sand	2-3 t/d	Sand wird durchgespült, per LKW zur Müllkippe Groß Ziehlen
Asche	20-25 t/d	Verwertung als Bergbauversatz 10-13% Phosphatanteil und 13-14% Eisenanteil
Gips	6 t/d	Verwendung in der Bau- und Zementindustrie
Schlamm	100 kg/d	Sondermüll - hohe Schwermetallanteile - Lagerung in Fässern in alten Salzbergwerken
Abwasser gereinigt	212 000 m ³ /d	entspricht keiner Badequalität, Ableitung in Spree (Okt.-März) und Teltowkanal (April-Sept.)

Abb. 44
 Tabellen zu den Systemkennwerten
 Quelle: Eigene Darstellung
 Datenquelle: Berliner Wasserbetriebe

9. Fazit

Nach Abschluss der Recherche muss die Frage gestellt werden, wie sich diese konzeptionelle Lösung der Abwasserbehandlung in Berlin bewerten lässt. Auf Grund der Analyse der Abwasserbehandlung kann man sagen, dass fast alle Güter, die diesem System zugefügt werden entweder wieder in den Stoffkreislauf zurückgeführt oder in Energie umgewandelt werden. Einzig negativ in der Auswertung ist festzustellen, dass es sich bei dem Outputgut Schlamm um Sondermüll handelt. Es wäre wünschenswert in den nächsten Jahren ein Verfahren zu entwickeln, das die Gewinnung der Schwermetalle aus diesem Schlamm ermöglicht, um den Stofffluss ökologisch betrachtet zu verbessern.

Wenn man die ökologische Bilanz betrachtet, kann man dieses System aber als durchaus positiv bewerten. Was man sich auch noch vorstellen könnte, wäre die industriellen und die restlichen Abwässer voneinander zu trennen, was sich sehr positiv auf die Abwasserbehandlung auswirken würde, da die häuslichen Abwässer weniger Schadstoffe enthalten. Die chemisch hochbelasteten Industrieabwässer könnten einer separaten Reinigung unterzogen werden. Der restliche Teil des Abwassers würde deshalb gar nicht erst dieser hohen Belastung, welche durch die Durchmischung entsteht, ausgesetzt und könnte mit geringerem Aufwand gereinigt werden. Das ist aber nicht mit dem vorhandenen System umsetzbar und würde eine Erweiterung des Abwassersystems bedeuten und die Frage nach Abschätzung von Aufwand und Nutzen aufwerfen.

Es gibt aber auch Kritiker, die in der vorhandenen Methode der Abwasserbehandlung ein großes Problem sehen. Zum Beispiel die Fäkalien mit ihrem hohen Gehalt an Phosphor, Stickstoff und Kalium werden heute nur noch zu einem geringen Teil zur Düngung der Felder genutzt, während die Landwirtschaft mineralischen Dünger aus fernen Ländern importieren muss. Es werden also wertvolle Rohstoffe verschwendet. Man kann jedoch dagegen setzen, dass die Landwirtschaft die Klärschlämme, in denen die Nährstoffe für die Pflanzen vorhanden seien, gar nicht mehr abnehmen will.

Ein weiteres Problem ist, dass man mit den Kläranlagen das Problem der Keime noch nicht in den Griff bekommen hat, was zur Folge hat, dass mit diesem System zur Verbreitung von antibiotikaresistenten Keimen beigetragen wird.

Die Frage aber ist, gibt es bessere Methoden und Systeme die man in der Großstadt Berlin anwenden kann? Soll man zum Beispiel auf dezentrale Systeme mit eigenen kleinen Versickerungsflächen in der Stadt setzen?

Der Großteil der modernen Alternativen ist für Kleineinheiten ausgelegt und lässt sich tendenziell nur in Siedlungen in der Peripherie realisieren. Auch ist die Funktionsweise des Berliner Abwassersystems auf den derzeitigen Durchschnittsverbrauch ausgelegt. Laut den Berliner Wasserbetrieben würde es durch weitere Einsparungen seitens der Wasserverbraucher immer schwieriger eine Instandhaltung zu gewährleisten, da nicht mehr genügend Wasser zur Spülung des Kanalnetzes vorhanden sein wird. Diese Einsparungen sind in Berlin auch gar nicht nötig, da geographisch bedingt genügend Wasserreserven vorhanden sind. Das Abwassersystem ist somit auf einen Verbrauch einer bestimmten Menge Wasser angewiesen. Und es ist fraglich, ob sich die vorhandene Struktur in ein neues Abwasserkonzept integrieren lässt.

Das jahrzehntlange gewachsene Abwassersystem wurde im Laufe der Jahre an die heutigen Berliner Verhältnisse angepasst und hat sich für den Standort Berlin als zuverlässig und effizient erwiesen.

Quellen

Baccini, P / Bader, H.-P.: Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Heidelberg / Berlin / Oxford 1996

Bärthel, Hilmar: Gerklärt. 125 Jahre Berliner Stadtentwässerung, Berliner Wasserbetriebe, Berlin 2003

Bringezu, Stefan: Erdlandung. Navigation zu den Ressourcen der Zukunft, Stuttgart 2004

Berliner Wasserbetriebe (BWB): Informationsbroschüre zum Klärwerk Ruhleben

Tepasse, Heinrich: Stadttechnik im Städtebau Berlins - 19. Jahrhundert, Berlin 2001

Tepasse, Heinrich: Stadttechnik im Städtebau Berlins - 1945-1999 Berlin 2001

Süddeutsche Zeitung: Scharfe Schüsse gegen die Abwasserwirtschaft 30.04.1999

Internet:

www.bwb.de