



Wir klären das für Sie!

Abwasserentsorgung in Mannheim
seit 135 Jahren



STADTENTWÄSSERUNG **MANNHEIM** ²

Vorwort Betriebsleitung	3
Stadtentwässerung gestern	
Vom Stadtgraben zum Ringkanal – die Anfänge der Stadtentwässerung	4
Das Badische Wassergesetz – erste Maßnahmen zum Schutz der Gewässer	5
Die Kosten des Wachstums	6
Das neue Klärwerk	7
Der „Töpfer-Erlaß“ und die Folgen	8
Ausbau des Klärwerks	8
Regenwasserbehandlung	9
Nachhaltiger Gewässerschutz	9
Stadtentwässerung heute	
15 Jahre Eigenbetrieb	10
Klimafreundliches Verwaltungs- und Betriebsgebäude	10
Arbeiten bei der Stadtentwässerung – kein alltäglicher Job	10
QUM – Prozesse auf dem Prüfstand	11
Abwasserableitung	
Das Kanalnetz: einmal Mannheim – Kopenhagen	12
Spülen mit Hochdruck	12
Kanalnetzplan der Stadt Mannheim	13
Inspektion mit der TV-Kamera	14
Das Rohr im Rohr – Renovieren mit Inlinertechnik	14
Kanalsanierung	14
Ein Jahrhundertprojekt – die Sanierung des Ringkanals	15
Grundstücksentwässerung	15
Rückstausicherung und Überflutungsschutz	15
Den Klimawandel im Blick – dezentrale Regenwasserversickerung	16
Pumpwerke und Stauräume	17
Verborgenes Industriedenkmal – das Pumpwerk Ochsenpferch	17
Energieeffizient: Wärme aus Abwasser	17
Abwasserbehandlung	
Das Klärwerk Mannheim	18
– Die Abwasserbehandlung	18
– Die Schlammbehandlung	18
Lageplan des Klärwerks Mannheim	19
Sanierung der Faulbehälter	20
Vorsorglicher Gewässerschutz – Spurenstoffbeseitigung durch Pulveraktivkohle	20
Das Sachgebiet Abwasserchemie	21
– Sachverständige Stelle der Wasserwirtschaft	21
– Indirekteinleiterkontrolle	21
Erneuerbare Energien im Klärwerk	
Strom und Wärme aus Klärschlamm	22
Mehr Betriebssicherheit mit Biogasmotoren	22
Ausbau der Co-Vergärung	23
Klärschlammvergasung	23
Sonnenenergie und Wasserkraft	23
Beratung und Information	
Kundendienst im Kanalbetrieb	24
Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung	25
Abenteuer Abwasser	25
Der EBS in Zahlen – 2011	26
Impressum	28

VORWORT



Alexander Mauritz
Leiter des Eigenbetriebs Stadt-
entwässerung Mannheim (EBS)

Die Stadtentwässerung hat in Mannheim eine langjährige Tradition. Über viele Generationen hinweg haben hier technischer Pioniergeist, Innovationsbereitschaft und ökologisches Bewusstsein zusammen gewirkt und die Grundlagen und Werte geschaffen, auf die wir heute aufbauen.

Der Zustand unserer Umwelt ist entscheidend für unsere Lebensqualität. Neben reiner Luft, gesunden Böden und Artenvielfalt benötigen wir vor allem sauberes Wasser. Doch Umwelt- und Gewässerschutz gibt es nicht umsonst. Er erfordert höchsten Einsatz von Ressourcen, Technologie und Wissen. Gemäß seinem Selbstverständnis als kompetenter kommunaler Dienstleistungsbetrieb erfüllt der Eigenbetrieb Stadtentwässerung (EBS) mit seinen 236 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die ihm übertragenen Aufgaben: die Ableitung von Schmutz- und Regenwasser aus dem gesamten Stadtgebiet sowie die Behandlung und Ableitung des geklärten Abwassers in den Vorfluter Rhein. Die Vermeidung von Gesundheitsgefahren, der Schutz der Gewässer und der Umwelt haben dabei höchste Priorität.

Als zertifizierter Eigenbetrieb (nach den Umwelt- und Qualitätsnormen ISO 9001 und ISO 14001) sehen wir uns auch für Zukunftsaufgaben verantwortlich. Klimaveränderungen, Ressourcenverknappung, demografischer Wandel – diese Herausforderungen beherrschen gegenwärtig die umweltpolitische Diskussion auch in der Wasserwirtschaft. Der EBS nutzt seine Handlungsspielräume, um schon jetzt Lösungen zu finden, bevor der Gesetzgeber strengere Regelungen festlegt.

Beispiele dafür sind die Pulveraktivkohleanlage zur Spurenstoffelimination, die Pilotprojekte zur Abwasserwärmenutzung sowie die Produktion und Verwertung von Biogas und anderen erneuerbaren Energien, um in naher Zukunft das Klärwerk Mannheim energieautark betreiben zu können. Als gebührenfinanzierter Abwasserbetrieb sind wir natürlich auch gegenüber den Mannheimer Bürgerinnen und Bürgern verpflichtet, die abwassertechnischen Anlagen zu erhalten und Zukunftsinvestitionen mit Augenmaß – unter Berücksichtigung des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit – zu tätigen.

Mit dieser Broschüre geben wir einen Überblick der historischen und gegenwärtigen Entwicklung der Stadtentwässerung Mannheim, vom Bau des ersten Hauptsammlers in der Innenstadt bis zu unseren „Leuchtturmprojekten“ im Klärwerk.

Es würde mich freuen, wenn diese Präsentation dazu beiträgt, bei den Bürgerinnen und Bürgern sowie bei unseren Auftraggebern noch mehr Verständnis und Interesse für „ihre“ Stadtentwässerung zu wecken, damit wir unsere künftigen Ziele auch weiterhin gemeinsam umsetzen können.

STADTENTWÄSSERUNG GESTERN

Vom Stadtgraben zum Ringkanal – die Anfänge der Stadtentwässerung



Historische Ansicht der Stadt Mannheim von 1869

Im 17. und 18. Jahrhundert war die Festungsstadt Mannheim, zwischen Rhein und Neckar gelegen, häufig von Kriegen, Seuchen und Hochwasser bedroht. Wie in vielen anderen Städten der damaligen Zeit waren die Lebensverhältnisse für die Bewohner miserabel. „Das Wasser ist so schlecht, dass ich meinen Tee wie flüssigen Stein getrunken habe. Die Gräben verbreiten einen faulen Geruch, den die vier Kirchhöfe, die alle in der Stadt liegen, verstärken,“ schrieb der Dichter Wilhelm Heinse, als er um 1780 die Stadt besuchte. Bis ins 19. Jahrhundert flossen Schmutz- und Regenwässer über Hof- und Straßenrinnsteine in den offenen Stadtgraben, der durch Schleusen mit Rhein und Neckar verbunden war.

Die hygienischen Verhältnisse besserten sich erst mit dem Bau der ersten Entwässerungsanlagen. 1877 wurde der Stadtgraben durch einen Betonkanal unter den Ringstraßen ersetzt; ein dampfbetriebenes Pumpwerk leitete die Abwässer an der früheren Grabenstraße (hinter dem MVV-Hochhaus) in den Neckar.



William H. Lindley (1853-1917)

1890 beauftragte der Mannheimer Stadtrat den renommierten Entwässerungsexperten und Frankfurter Stadtbaurat, William H. Lindley, mit dem Bau der Kanalisation für die Innenstadt und bald darauf auch für die angrenzenden Stadtteile. Die sich ausbreitende Industrie und das damit verbundene Bevölkerungswachstum löste eine rege Bautätigkeit aus, für die neue Gebiete außerhalb des Rings (Schwetzingenstadt) und jenseits des Neckars (Gebiet der Neckarstadt-West) erschlossen wurden.

Dies war der Beginn der planmäßigen Stadtentwässerung. Innerhalb von wenigen Jahrzehnten entstand ein leistungsfähiges Abwasserkanalsystem, das die hygienischen Verhältnisse und die Lebensqualität für die Stadtbevölkerung bedeutend verbesserte.



Verlegung des Neckardükers 1901

1607

Kurfürst Friedrich IV. von der Pfalz gründet die Festungsstadt Mannheim.

1720-60

Beim Bau des kurpfälzischen Residenzschlosses wird unter dem Ehrenhof ein Kanalnetz angelegt; durch den Hauptkanal fließt Schmutz- und Regenwasser in die Festungsgräben.

1808

Nach Schleifung der Festungsanlage leitet der neue Stadtgraben, der halbringförmig um die Quadrate verläuft, die Abwässer in den Neckar.

1876-77

Der Ringkanal wird als Ersatz für den maroden Stadtgraben unter der Ringstraße verlegt.

Das Badische Wassergesetz – erste Maßnahmen zum Schutz der Gewässer

Die zunehmende Industrialisierung führte gegen Ende des 19. Jahrhundert zu gravierender Verschmutzung von Flüssen und Bächen. Bereits 1876 hatte die Großherzogliche Regierung das Badische Wassergesetz erlassen, das erstmals die unerlaubte Einleitung von Schmutzwasser in die Flüsse unter Strafe stellte.

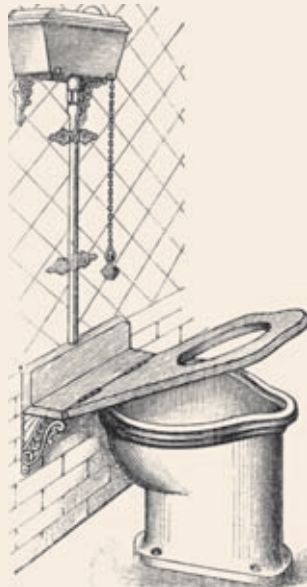
Um 1900 genehmigte der Mannheimer Bürgerausschuss rund 1 Million Mark für den Bau weiterer Kanäle und Pumpwerke und die Ableitung des Schmutzwassers in den Rhein. Gegen die Mannheimer Pläne, auch die modernen Wasserklosetts (WC) an die Kanalisation anzuschließen, protestierten die rheinabwärts gelegenen Städte; sie befürchteten die Verseuchung ihres Trinkwassers, das sie aus dem Fluss bezogen. Auch die Landwirte in der Umgebung Mannheims schlossen sich dem Protest an, denn sie nutzten den Inhalt der Abortgruben als preiswerten Dünger für den Tabakanbau. Der Streit endete schließlich mit einem Kompromiss: Die Bezirksregierung genehmigte die Schwemmkanalisation in den Rhein, forderte aber zusätzlich den Bau einer Abwasserreinigungsanlage. Erst nachdem 1905 die mechanische Kläranlage auf der Friesenheimer Insel mit sechs Absetzbecken den Betrieb aufnahm, durften auch Fäkalien mit dem Schmutzwasser abgeschwemmt werden.

Der gebürtige Mannheimer Dr.-Ing. Karl Imhoff (1876-1965) entwickelte 1906 in Essen den „Emscherbrunnen“, womit es erstmals gelang, den Absetz- und Faulprozess beim Klärschlamm in einem Bauwerk zu trennen. Dies war ein Meilenstein in der Technik der Klärschlammbehandlung.



Karl Imhoff (1876-1965)

In Mannheim regelte die erste Hausentwässerungsordnung von 1892 den Anschluss der privaten Abwasserableitungen an das städtische Kanalnetz. Fünf Jahre später ging das Kanalbauwesen in das neu organisierte Tiefbauamt über. Der Erfolg dieser weitblickenden Entscheidung des Stadtrats zeigte sich nach wenigen Jahrzehnten: 1932 waren bereits über 95 Prozent aller Mannheimer Haushalte an das damals 316 km lange Kanalnetz angeschlossen.



WC-Werbung um 1900



Die erste Kläranlage auf der Friesenheimer Insel



Entwässerungsplan der Stadt Mannheim von 1901

1888

Mit der Inbetriebnahme des Wasserwerks Käferthal erhält Mannheim eine zentrale Wasserversorgung.

1890

Der Frankfurter Stadtbaurat William H. Lindley wird mit der Oberleitung des Kanalnetzbbaus für die Innenstadt beauftragt.

1892

Die erste Hausentwässerungsordnung regelt den Anschluss der privaten Abwasserableitungen an das städtische Kanalnetz.

1899

Die Kanalisation der Innenstadt ist fertig gestellt und wird in Betrieb genommen.

Die Kosten des Wachstums

In den Jahrzehnten des Wiederaufbaus nach dem Zweiten Weltkrieg bereitete die Abwasserentsorgung der Stadtverwaltung viel Kopfzerbrechen. Insbesondere die Zunahme des täglichen Wasserverbrauchs, die steigenden Regenwassermengen im Kanal aufgrund von großflächigen Versiegelungen und die starke Verschmutzung der Vorfluter Rhein und Neckar erforderten für die Stadtentwässerung ein umfassendes Sanierungskonzept.

Der Bau des „Hauptsammlers Nord“ und einer Behelfskläranlage für die Abwässer der nördlichen Stadtteile brachten eine Entlastung der angespannten Abwassersituation. Sie war durch die Siedlungen der amerikanischen Besatzungsmacht noch verschärft worden. Der Ausbau der Kanalisation, die erforderlichen Erschließungsmaßnahmen und die Anpassung der Abwasseranlagen an den erhöhten Bedarf verschlangen im Zeitraum von acht Jahren insgesamt 158 Millionen Mark.



Strandbad am Neckarauer Rheinbogen um 1950

Probleme bereiteten nach wie vor die unzureichende Reinigungsleistung der Kläranlage auf der Friesenheimer Insel, die bald an ihre Kapazitätsgrenzen stieß.

Verschärfte Verordnungen zum Schutz der Gewässer erforderten weitere Investitionen in verbesserte Betriebstechnik und Verfahren. Ein Entwurf für ein modernes Klärwerk mit mechanischer und biologischer Reinigung

lag seit längerem vor, von dem Gutachter Dr.-Ing. Karl Imhoff 1944 als „ausführungsreif“ beurteilt. Doch fehlende Finanzmittel hatten die Realisierung des Bauvorhabens in den Nachkriegsjahren verhindert. Bald konzentrierten sich die Planungen auf den Bau einer neuen zentralen Kläranlage mit biologischer Abwasserreinigung und Schlammbehandlung – angesiedelt in einem Landschaftsschutzgebiet nördlich von Sandhofen.



Kanalmaurer bei der Herstellung der Sohlaukleidung 1951



Offener Kanalbau um 1951

1904-05

Das Pumpwerk Ochsenpferch und die mechanische Kläranlage auf der Friesenheimer Insel gehen in Betrieb. Erstmals wird eine „Kanalbenutzungsgebühr“ erhoben.

1930

95,5 % aller Mannheimer Haushalte sind an das öffentliche Kanalnetz angeschlossen.

1941

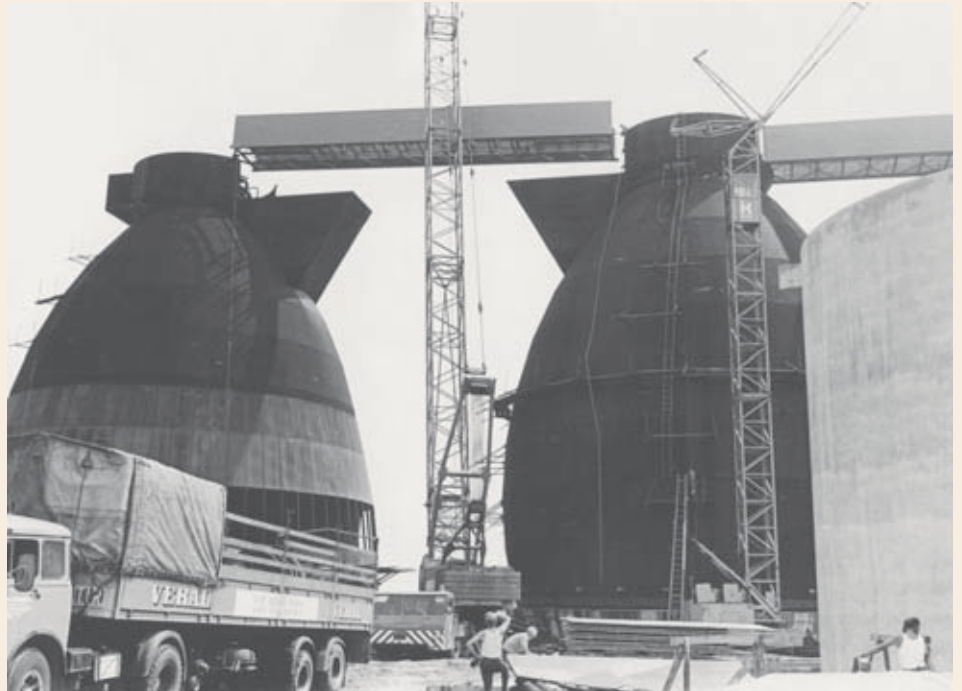
Wegen Kriegszerstörungen ist die Kläranlage Friesenheimer Insel außer Betrieb – die Abwässer fließen ungeklärt in den Rhein.

1947

Der durchschnittliche tägliche Trinkwasserverbrauch liegt bei 200 Liter pro Kopf.

Das neue Klärwerk

Nach zehnjähriger Planung und Bauzeit ging das neue Klärwerk 1973 in Betrieb. Ausgestattet mit den für die Abwasserreinigung notwendigen Anlagen wie Zulaufpumpwerk, Rechen, Sand- und Fettfang sowie Vorklär-, Belebungs- und Nachklärbecken enthielt es auch Einrichtungen für eine umfassende Schlammbehandlung. Die Einleitungsgenehmigung war bis 1985 befristet. Danach rechnete man mit strengeren Auflagen zum Gewässerschutz. Bereits bei der Planung wurden Erweiterungsmöglichkeiten für zu erwartende steigende Abwassermengen berücksichtigt.



Die Faultürme der neuen Kläranlage während des Baus 1971



Luftaufnahme des fertig gestellten neuen Klärwerks im Juli 1973

Zu den Vorsorgemaßnahmen für den Gewässerschutz gehörte auch die Regenwasserbehandlung. Seit 1978 wurden Regenüberlaufbecken an den Regenauslässen gebaut, die bis heute als Speicher- und Reinigungsanlagen dienen und das Kanalnetz entlasten.

1954

Südlich der Autobahn entsteht eine Behelfskläranlage für Sandhofen.

1965

Für Sanierung und Ausbau der Stadtentwässerung wird ein Ausbauprogramm von 158 Millionen DM beschlossen.

1973

Das neue Klärwerk mit biologischer Abwasserreinigung geht in Betrieb.

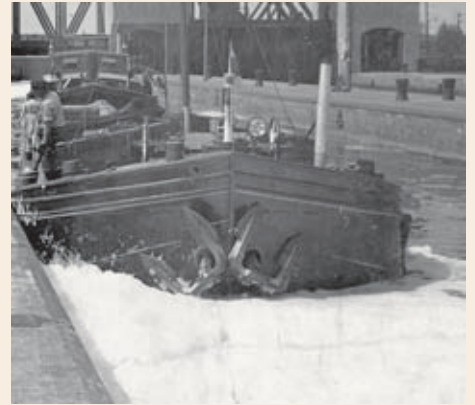
1978

Die ersten Regenrückhaltebecken werden an den Regenauslässen gebaut; sie dienen als Speicher und Reinigungsanlagen zum Schutz von Rhein und Neckar.

Der „Töpfer-Erlaß“ und die Folgen

Ende der 1980er Jahre wurde das Ausmaß der Umweltschäden unübersehbar. Die zunehmende Gewässerverschmutzung an Nord- und Ostsee offenbarte sich in giftigen Algentepptichen und dem massenhaften Robbensterben. Die Bilder und Berichte in den Massenmedien erregten großes Aufsehen in der Öffentlichkeit und führten schließlich zum so genannten „Töpfer-Erlaß“.

Der damalige Umweltminister Klaus Töpfer formulierte darin neue Mindestanforderungen an die Qualität der in die Flüsse geleiteten Abwässer. Die Einleitung der Nährstoffe Phosphor und Stickstoff wurde drastisch reduziert, die Grenzwerte für andere Schadstoffe erheblich verschärft. Um den neuen gesetzlichen Anforderungen zu entsprechen, wurde die technische Nachrüstung der Kläranlagen notwendig.



Schaum auf der Wasseroberfläche in der Neckarschleuse Mannheim-Feudenheim

Ausbau des Klärwerks

Die neuen gesetzlichen Vorgaben mit den verschärften Einleitungswerten von Schadstoffen machten weitere Investitionen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Mannheimer Klärwerks notwendig.

Bereits 1986 wurde die biologische Reinigungsstufe um eine Filtrationsanlage erweitert. Im folgenden Jahrzehnt wurden das Rechenhaus, die Schlammmentwässerungs- und Trocknungsanlage erneuert. Seit der erfolgreichen Inbetriebnahme der erweiterten biologischen Reinigungsstufe im Zuge des Klärwerkausbaus verringerten sich die Einleitwerte erheblich. Dies bedeutete nicht nur einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Gewässerschutz, sondern auch eine Minderung der gesetzlich festgelegten und am Verschmutzungsgrad ausgerichteten Abwasserabgaben.

Ende der 1990er Jahre erforderte der weitere Ausbau des Klärwerks noch einmal hohe Investitionen, um die strengen Einleitbedingungen für Abwasser in öffentliche Gewässer zu erfüllen. Für insgesamt 138 Mio. DM wurde eine neue biologische Reinigungsstufe mit fünf Belebungsbecken, zehn Nachklärbecken, einer Gebläse- und einer E-Station geschaffen.



Luftbild des Klärwerks nach Fertigstellung der letzten Ausbaustufe 2000

1986

Die zweite biologische Reinigungsstufe, die „Biofiltration“, wird im Klärwerk in Betrieb genommen.

1988

Der „Töpfer-Erlaß“ verschärft die Mindestanforderungen an die Qualität der in die Flüsse geleiteten Abwässer und setzt die Grenzwerte für Schadstoffe herab.

1990-2005

Auf der Basis eines externen Gutachtens werden Regenrückhaltebecken und Kanalstauräume mit einem Gesamtvolumen bis zu 186.000 m³ gebaut.

1996-99

Im Zuge des Klärwerkausbaus werden die Schlamm-trocknung, das Rechengebäude und die neue biologische Stufe fertig gestellt. Der Gesamtaufwand beträgt rund 190 Mio. DM.

Regenwasserbehandlung

Auch das Mischwasser durfte aufgrund seiner erheblichen Verschmutzung nicht ungereinigt in die Flüsse abgeschlagen werden. Auf der Grundlage eines Gutachtens zur Regenwasser-

behandlung entstanden in Mannheim zwischen 1990 und 2005 zahlreiche Regenrückhaltebecken und Kanalstauräume.

Mit einer Reihe weiterer Projekte wurde das Ziel eines nachhaltigen Gewässerschutzes kontinuierlich verfolgt. Die Inbetriebnahme bzw. Erweiterung von Pumpwerken und Regenüberlaufbecken zur Entlastung der jeweiligen Stadtteile bei Starkregenereignissen bildete den Abschluss des Regenwasser-rückhalte- und Behandlungsprogramms mit einem Stauraumvolumen von insgesamt 186.000 m³.



Regenüberlaufbecken Stadtmitte im Bau 1997

Nachhaltiger Gewässerschutz

25 Jahre nach dem „Töpfer-Erlass“ und der konsequenten Umsetzung seines 10-Punkte-Programms weisen heute die meisten Flüsse eine gute Wasserqualität auf. Die gemeinsamen Anstrengungen von Bund, Ländern, Kommunen und Industrie für den Gewässerschutz haben dazu geführt, dass der Oberrhein heute eine Gewässergüte wie im ausgehenden 19. Jahrhundert aufweist. Über dreißig Fischarten, darunter das Flussneunauge, die Regenbogenforelle und der atlantische Lachs tummeln sich wieder im Rhein. Das gestiegene Umweltbewusstsein der Bevölkerung, die Verschärfung der wasserrechtlichen Vorschriften und der technologische Fortschritt haben neue Standards in der Abwasserentsorgung gesetzt.



Naturnaher Seitenarm des Rheins im Norden Mannheims (Ballauf-Wilhelmswörth)

1997

Beim Tiefbauamt wird die Abteilung „Stadtentwässerung“ ausgliedert und der „**Eigenbetrieb Stadtentwässerung**“ gegründet.

2002-03

Der EBS führt ein Qualitäts- und Umweltmanagementsystem ein.

2003

Der Neckardüker am Pumpwerk Luisenring wird nach über 100jähriger Betriebsdauer durch zwei Kunststoffrohre ersetzt; sie werden an gleicher Stelle 2,50 m unter der Neckarsohle verlegt.

2004

Das neue Pumpwerk Sandhofen II geht in Betrieb; es dient der Entlastung des Stadtteils im Starkregenfall.

STADTENTWÄSSERUNG HEUTE

15 Jahre Eigenbetrieb

Die Gründung des Eigenbetriebs Stadtentwässerung (EBS) aus der gleichnamigen Abteilung des früheren Tiefbauamts im Jahr 1997 stellte die Stadtentwässerung auf ein solides wirtschaftliches Fundament. Dies war notwendig geworden, um den umweltpolitischen und wirtschaftlichen Anforderungen gleichermaßen gerecht zu werden. Heute ist der EBS ein moderner kommunaler Dienstleistungsbetrieb, der seine Kernaufgaben – die Ableitung von Schmutz- und Regenwasser aus dem gesamten Stadtgebiet sowie die Behandlung und Ableitung des geklärten Abwassers in den Vorfluter Rhein – nach dem besten Stand der Technik und unter Beachtung rechtlicher Vorgaben erfüllt. Die Vermeidung von Gesundheitsgefahren, der Schutz der Gewässer und der Umwelt haben dabei höchste Priorität.

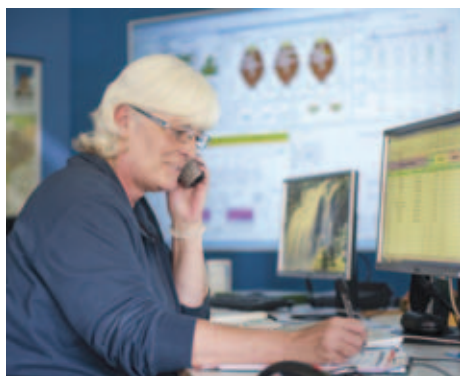
Klimafreundliches Verwaltungs- und Betriebsgebäude

Ab 2013 wird sich der EBS auf zwei Standorte konzentrieren: auf das Klärwerk im Mannheimer Norden sowie am Standort Kanalbetrieb in der Käfertaler Straße mit einem neuen Verwaltungs- und Betriebsgebäude. Für seine innovative Haustechnik im Niedrig-Energie-Standard erhält der Neubau das Green-Building-Label und ist ein Musterbeispiel für nachhaltiges kommunales Bauen. Die Wärmeversorgung erfolgt vorrangig über ein Abwasser-Wärmepumpensystem, das zum Heizen und Kühlen dient; für die Spitzenlast ist der Anschluss an das Fernwärmenetz der MVV vorgesehen. Das Regenwasser aus dem Innenhof sowie von den Dachflächen soll durch eine Rigolenanlage vor Ort versickert werden. Hinzu kommt eine extensive Dachbegrünung, die eine Vorfiltration des Regenwassers gewährleistet. Mit dem geringen Energieverbrauch, der Nutzung regenerativer Energien und der Nachhaltigkeit im Betrieb spart der EBS Kosten ein und leistet einen Beitrag zum Klimaschutz.



Rohbau des Verwaltungs- und Betriebsgebäudes in der Käfertaler Straße

Arbeiten bei der Stadtentwässerung – kein alltäglicher Job



Schaltwärterin in der zentralen Leitwarte im Klärwerk

Tag für Tag sorgen die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des EBS für die reibungslosen Abläufe im Klärwerk und im Kanalbetrieb. Fachlich qualifiziert, mit Engagement und Verantwortungsbewusstsein tragen sie dazu bei, dass im Mannheimer Untergrund das Abwasser fließt, die Kanäle dicht bleiben und die Maschinen und Anlagen im Klärwerk und in den Pumpwerken funktionieren. Die Arbeit stellt hohe Anforderungen an das Personal.

Längst gibt es bei der Stadtentwässerung neben den klassischen Berufen Klärwärtler,



Überprüfung der Messgeräte auf dem Dach der Faulbehälter

2006

Um die Energiekosten zu reduzieren, setzt der EBS verstärkt auf Co-Vergärung: aus Reststoffen von der Nahrungsmittelindustrie wird zusammen mit dem Klärschlamm Biogas erzeugt.

2007

Auf der Abdeckung der Filtration entsteht eine Photovoltaikanlage. Mit einer Fläche von 2.300 m² gehört sie zu den größten PV-Anlagen in Mannheim.

2009

Der Ringkanal wird auf einer Länge von 1,8 km unter dem Kaiser-, Friedrichs- und Luisenring mit modernster Technik für 7,2 Mio. Euro saniert.

2010

Im Klärwerk geht die Pulveraktivkohlanlage in Betrieb. Sie entfernt Spurenstoffe wie Rückstände von Arzneimitteln und Röntgenkontrastmitteln aus einem Teilstrom des Abwassers.



Auszubildende beim Abmessen einer Schlammprobe im Abwasserlabor

Pumpenwärter oder Kanalfacharbeiter auch Elektroniker, Mess- und Regeltechniker, Industriemechaniker, Anlagenfahrer, Bauingenieure, Kanalsanierungsberater, Chemieingenieure oder Laboranten. Selbstverständlich kümmert sich der Eigenbetrieb auch um den Mitarbeiternachwuchs. Bei der Ausbildung zur Fachkraft für Abwassertechnik durchlaufen die sechs jungen Frauen und Männer im Klärwerk ein fachlich qualifiziertes und abwechslungsreiches Ausbildungsprogramm.



Höhensicherung beim Einstieg in den Schacht

Bei der Arbeit in den Kanälen, Pumpwerken und Anlagen im Klärwerk ist die Beachtung der Arbeitssicherheitsvorschriften Pflicht. Dazu gehört u. a. die Höhensicherung beim Einstieg in den Schacht sowie das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung. Beispielsweise sorgt ein am Gürtel getragenes Multiwarngerät für die Sicherheit bei Arbeiten im Untergrund; es schlägt sofort Alarm, sobald sich gefährliche Gase im Kanal oder Pumpensumpf bilden.

Regelmäßige Fortbildungen zu fachlichen und sicherheitstechnischen Themen sind die Voraussetzung für qualifiziertes Arbeiten. Bei den Sicherheitstagen im Klärwerk stehen für die betrieblichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen neben theoretischen Schulungen über Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz auch praktische Übungen zur Unfallverhütung auf dem Programm.



Industriemechaniker bei der Reparatur einer Pumpe aus der Schlamm-trocknung

QUM – Prozesse auf dem Prüfstand

Um die strengen Anforderungen der Umweltsetze in Einklang mit den wirtschaftlichen Erfordernissen eines kommunalen Entsorgungsbetriebes zu erfüllen, wurde 2002 ein Qualitäts- und Umweltmanagement-System (QUM) eingeführt. Auf der Grundlage der Qualitätsnorm ISO 9001 und der Umweltnorm ISO 14001 stellte der EBS eigene Leitlinien auf; die wichtigsten Verfahren und Arbeitsabläufe wurden dokumentiert sowie jährlich Ziele und Maßnahmen festgelegt. Externe Gutachter und interne Auditoren überprüfen regelmäßig die Einhaltung von

Normen und Gesetzen, aber auch der eigenen Vorgaben und die Zielerreichung. Die mittlerweile vierte Zertifizierung des Eigenbetriebs zeigt die langfristige Wirksamkeit des Managementsystems.

Wichtiger Bestandteil des QUM ist der kontinuierliche Verbesserungsprozess. In vielen Bereichen wurden herausragende Ideen der Mitarbeiter zur Verbesserung betrieblicher Abläufe prämiert und umgesetzt, häufig führen sie auch zu erheblichen Kosten- und Ressourceneinsparungen.

2011

Europaweit wird im Klärwerk erstmals eine Klärschlammvergasungsanlage im großtechnischen Maßstab in Betrieb genommen.

2011

Die Errichtung neuer Regenwasserversickerungssysteme im öffentlichen Straßenraum in der Gartenstadt dient der Entlastung des Kanalnetzes im Starkregenfall.

2011

Als erstes Gebäude in Mannheim wird das Pumpwerk Ochsenpfersch mit Wärme aus dem Abwasserkanal geheizt.

2012

Im Auslauf des gereinigten Abwassers im Klärwerk geht ein Wasserrad in Betrieb. Es erzeugt ca. 60-80.000 kWh Strom pro Jahr.

ABWASSERABLEITUNG

Das Kanalnetz: einmal Mannheim – Kopenhagen

Die öffentliche Kanalisation der Stadt Mannheim – in über 130 Jahren gewachsen – stellt eines der größten städtischen Infrastrukturvermögen dar. Im Zuständigkeitsbereich des EBS befinden sich rund 890 km Kanäle. Dies entspricht etwa der Entfernung Mannheim – Kopenhagen. Hierbei sind jedoch die Hausanschlussleitungen nicht mitgezählt, da diese – gemäß der Abwasser-satzung – in ihrer gesamten Länge bis zum Anschluss an den städtischen Kanal dem Grundstückseigentümer gehören. In Mann-

heim überwiegt die Mischwasserkanalisation, d. h. Schmutz- und Niederschlagswasser werden gemeinsam abgeleitet.

Die Querschnitte der Kanalrohre liegen zwischen 0,25 m und 3,40 m. Die Altersverteilung ist sehr unterschiedlich: Die ältesten Kanäle im Stadtgebiet stammen aus den 1870er bis 1890er Jahren, meist sind sie aus Klinkersteinen gemauert. Etwa die Hälfte der Kanäle ist jünger als 50 Jahre.



Blick in den geöffneten Schacht: Kanalreinigung mit Hochdruckspüldüse

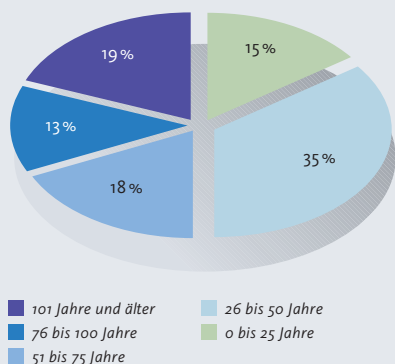


Kanaluntersuchung am Kaiserring

Spülen mit Hochdruck

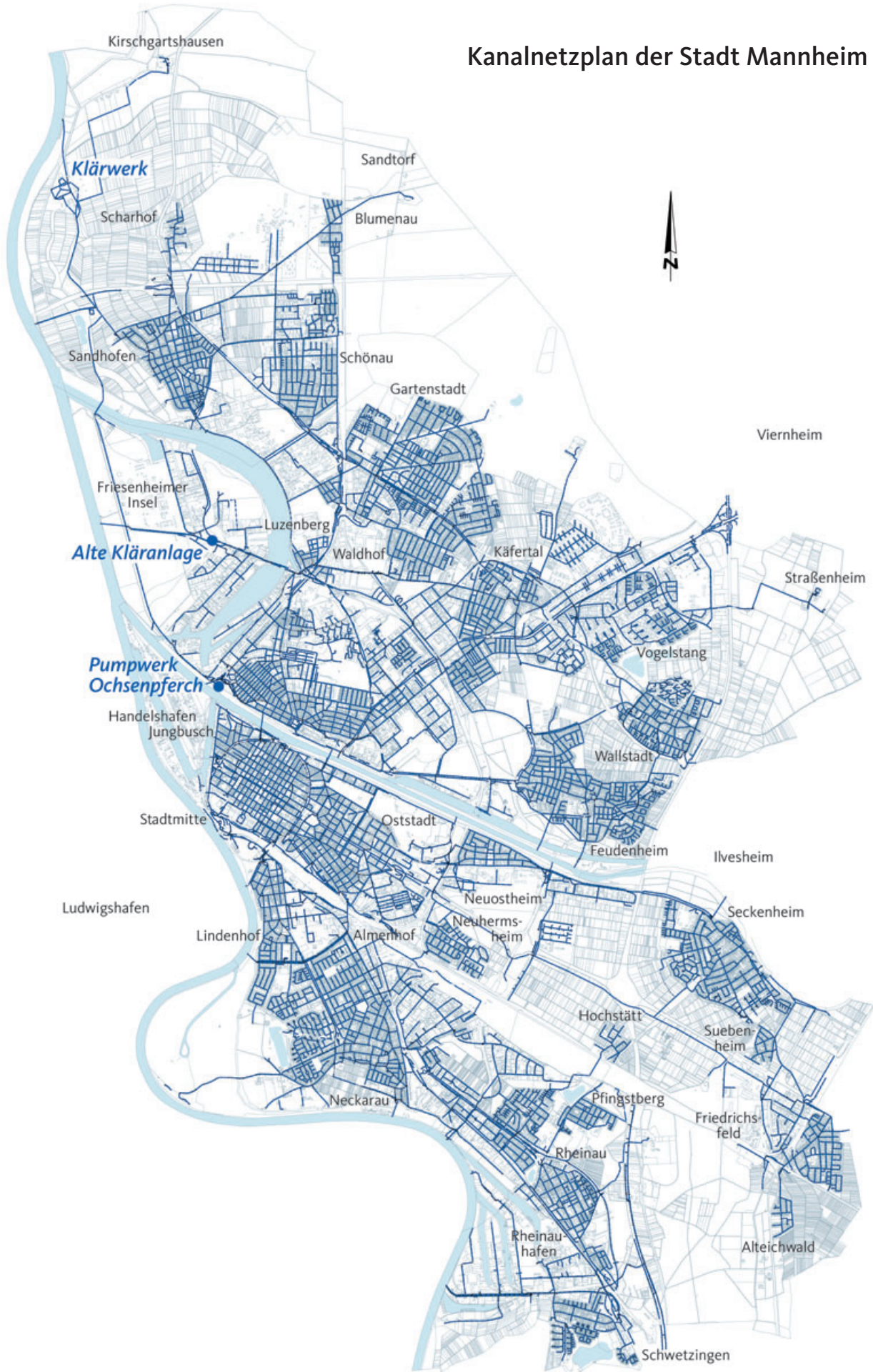
Bedingt durch die topografische Lage gibt es in Mannheim nur wenig Gefälle, das man mit den Kanälen ausnutzen kann. Bei geringen Abflüssen lagern sich an der Kanalsohle vermehrt Schlamm, Sand, Fäkalien, Essensreste und sonstige Abfälle ab, die über die Toilette oder bei starken Regenfällen über Gullys in die Kanalisation gelangen. Um das Kanalnetz im funktionstüchtigen Zustand zu erhalten und um die Geruchsbelästigungen zu minimieren, müssen die Kanäle regelmäßig gespült werden. Der Kanalbetrieb verfügt über sechs Hochdruck-Spül- und Saugfahrzeuge. Diese Kombifahrzeuge reinigen die Abwasserkanäle mittels Hochdruckspüleinrichtungen bei einem Druck bis zu 180 bar. Zum Spülen wird Frischwasser eingesetzt, die neueren Fahrzeuge arbeiten mit Wasserrückgewinnung. Die freigespülten Ablagerungen und das Spülwasser werden nach dem Spülvorgang über die Saugvorrichtung am Kombifahrzeug wieder aufgenommen und in der Kläranlage entsorgt.

Altersverteilung der Kanäle 2011



Die Kanäle bestehen aus verschiedenen Materialien. Steinzeug wird für kleinere Kanäle mit einem Durchmesser von 25-80 cm verwendet. Da dieser Werkstoff schon seit Jahrzehnten zum Einsatz kommt, stellen Steinzeugrohre mit ca. 425 km Länge den größten Anteil der Kanalisation dar. Beton ist mit einer Länge von 280 km vertreten. Größere Kanäle und Hauptsammler wurden früher häufig aus Mauerwerk hergestellt, deren Länge umfasst 98 km. Neuere Werkstoffe wie z. B. Kunststoffrohre sind derzeit auf rund 18 km Kanäle verteilt.

Kanalnetzplan der Stadt Mannheim



Inspektion mit der TV-Kamera



Vorbereitung der Inspektion am Kanalschacht

Gemäß der Eigenkontrollverordnung in Baden-Württemberg ist der EBS verpflichtet, den Zustand seiner abwassertechnischen Anlagen regelmäßig zu überprüfen. Damit nicht aus undichten Rohren Abwasser ins Erdreich sickert oder wertvolles Grundwasser in die Kanalisation eindringt, werden alle Kanäle nach gesetzlich vorgegebenen Fristen auf mögliche Schäden kontrolliert.

Seit 1986 hat der EBS hierzu stets zwei Fahrzeuge mit modernster TV- und EDV-Technik im Einsatz. Mittels fahrbarer TV-Kamera wird der Kanalzustand erfasst und auf Video/DVD

aufgezeichnet. Die Ergebnisse werden in der digitalen Kanaldatenbank „Strakat“ dokumentiert. Je nach Schadensgröße und Ausmaß erfolgt die Einteilung der festgestellten Schäden in 5 Schadensklassen.

2011 lag der Inspektionsgrad des Kanalnetzes bei knapp 100 %. Davon wurden 85 % der Kanäle mit der TV-Kamera befahren und 15 % (Großprofile) durch Begehung inspiziert. Die Zustandserfassung durch Kanalbegehung und Kamerabefahrung ist die Voraussetzung für den sicheren Betrieb der Kanalisation.

Kanalsanierung

In begehbaren Kanälen werden geringfügige Schäden von der Baukolonne des EBS repariert. Örtlich begrenzte Undichtigkeiten in kleineren Kanälen saniert der EBS mittels punktueller Aufgrabungen in offener Bauweise oder mit Kurzliner. Durch die Klassifizierung der Schäden wird festgelegt, in welchem Zeitraum und in welchem Umfang der Kanal zu sanieren ist. Ist bei einer Kanalerneuerung die offene Bauweise beispielsweise wegen der Verkehrssituation nicht möglich, wird der neue Kanal mittels Rohrvortrieb oder in Stollenbauweise verlegt.



Ferngesteuerte TV-Kamera im Kanal

Das Rohr im Rohr – Renovierung mit der Inliner-Technik

Der Schlauchliner feierte 2011 sein 40-jähriges Jubiläum. Seit 20 Jahren setzt der EBS bei der Renovierung schadhafter Kanäle auf diese Technik. Dies schont Ressourcen und spart Kosten ein.

Beim Inliner-Verfahren wird auf der Baustelle ein Nadelfilz- oder Glasfaserschlauch (Inliner) mit einem 2-Komponenten-Harz luftporenfrei getränkt und einseitig verschlossen. Mittels Luft- oder Wasserdruck wird er in die vorhandene Hausanschlussleitung geblasen oder gekrempelt (Inversion). Durch das Aushärten der Harze entsteht ein muffenloses, eng anliegendes Rohr im Rohr mit einer Mindestwandstärke von 3 mm, das künftig die Ableitung des Abwassers übernimmt.

Mit der Inliner-Technik werden Aufgrabungen auf ein Minimum reduziert und sind nur dort notwendig, wo kein Zugang zum schadhafte Kanal vorhanden ist. Selbst stark verzweigte private Entwässerungsnetze sind für die immer weiter entwickelten Roboter- und Inliner-Technologien keine Schwierigkeit. Wählt man ein Verfahren mit DIBt-Zulassung (Deutsches Institut für Bautechnik), wird dem Inliner eine Lebensdauer von mindestens 50 Jahren bescheinigt.

Je nach Kanaldimension können so die Sanierungskosten gegenüber einer Kanalauswechslung in offener Bauweise um 50 bis 70 % gesenkt werden.



Einbau eines Inliners in der Reichskanzler-Müller-Straße

Ein Jahrhundertprojekt – die Sanierung des Ringkanals

Eine der größten Sanierungsmaßnahmen des EBS betraf den Ringkanal. Mannheims ältester Hauptsammler ist ein begehbare Betonkanal mit großem Eiprofil, der bis zu 6 m tief unter den Ringstraßen liegt. Er wurde 1876-77 als Ersatz für den maroden Stadtgraben errichtet.

Bei der Inspektion des Ringkanals hatte der EBS im Bereich des Kaiser-, Friedrichs- und Luisenrings massive Schäden festgestellt. Durch Risse in der Kanalwand drohte Abwasser ins Erdreich zu versickern.

Um den Verkehrsfluss auf der Hauptverkehrsader nicht zu behindern und weil die geplanten Sanierungsabschnitte überwiegend im Gehweg- und Privatbereich, teilweise auch im Straßenraum lagen, erfolgte die Sanierung unterirdisch mit modernster Technik.

Innerhalb von neun Monaten führte eine norddeutsche Spezial-Baufirma das umfangreiche, vom EBS in Eigenregie geplante Kanal-

sanierungsprojekt durch. In vier Bauabschnitten entstanden Baugruben mit einem Durchmesser von ca. 4 m im Gehwegbereich und mit einer Tiefe von maximal 6 m. Über diese Baugruben wurden auf einer Länge von ca. 1,8 km glasfaserverstärkte Kunststoffrohre (GfK-Rohre) in den bestehenden Kanal eingezogen. Die Krümmung des Ringkanals stellte dabei für die Baufirma eine große technische Herausforderung dar.



Ein neues Kunststoffrohr vor dem Einbau



Blick in die Baugrube des Ringkanals am Friedrichsring



Das eingebaute Kanalrohr im Profil

Grundstücksentwässerung

Seit dem Bau der ersten Kanäle vor rund 140 Jahren haben sich die hygienischen Verhältnisse für die Mannheimer Bevölkerung grundlegend verbessert. Schon 1930 waren 95,5 % der Haushalte an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Heute liegt der Anschlussgrad bei 99,87 %. Für die Dichtheit und das einwandfreie Funktionieren der privaten Entwässerungsanlagen vom Haus bis zum Anschluss an den städtischen Kanal ist – laut Abwassersatzung der Stadt Mannheim – der Grundstückseigentümer zuständig.

Rückstausicherung und Überflutungsschutz

Bei extremen Niederschlägen kann es vorkommen, dass die Kanalisation vorübergehend überlastet ist und die Wassermengen nur noch bedingt ableitet. Steht das Wasser auf der Straße, kann es über tiefer gelegene Hauseingänge, Kellerfenster oder Garageneinfahrten in die Wohnhäuser eindringen. Die Folgen sind erhebliche Schäden an Gebäuden und Hausrat.

Von „Rückstau“ wird gesprochen, wenn der Wasserspiegel in der Kanalisation bis zur Oberkante ansteigt, so dass es in Teilbereichen nicht mehr abfließen kann. Die Rückstau-ebene ist gemäß der Mannheimer Abwassersatzung die Straßenoberkante. Damit das Abwasser wegen des hohen Wasserstands

nicht rückwärts durch die Hausanschlussleitungen über Toiletten, Spülbecken oder Einläufe in den Kellerräumen austreten kann, sind geeignete Rückstausicherungen wie Rückstauklappen oder Abwasserhebeanlagen einzurichten.

Vor Überschwemmungen aufgrund von extremen Regenereignissen können sich Hauseigentümer auch durch bauliche Maßnahmen schützen. Indem sie beispielsweise die Oberkante zum Kellerfensterschacht oder zur Garageneinfahrt erhöhen. Objektschutz setzt am besten bereits in der Planung an. Eine weitere Vorbeugemaßnahme ist die Entsiegelung von Grundstücksflächen.

Den Klimawandel im Blick – dezentrale Regenwasserversickerung

Vielen Bewohnern der Region sind die außergewöhnlichen Starkregenfälle der letzten Jahre noch gut in Erinnerung. Beispielsweise gingen am 9. Juni 2010 innerhalb von dreieinhalb Stunden gut 50 Liter Regen pro m² nieder und führten in manchen Gebieten von Gartenstadt und Käfertal zu Überflutungen.

Wenig sinnvoll wäre der Bau von größeren Straßenkanälen – es würde hohe Investitionen erfordern und in Trockenwetterzeiten zu vermehrten Ablagerungen mit entsprechender Geruchsbelästigung führen. In Wohngebieten sind die Abwasserkanäle gemäß den gesetzlichen Vorgaben für ein dreijähriges Regenereignis ausgelegt. Zudem schreibt das aktuelle Wasserhaushaltsgesetz nach Möglichkeit die ortsnahe Versickerung oder die direkte Einleitung des Niederschlagswassers in ein Gewässer vor.

Im Zuge eines dezentralen Regenwasserversickerungskonzepts baute der EBS erstmals 2011 in einem Gebiet im Stadtteil Gartenstadt

zwei unterschiedliche Versickerungssysteme: eine Muldenversickerungsanlage, in der das Wasser flächenförmig über eine belebte Bodenzone versickert; sowie Versickerungsrinnen mit Substratbefüllung, um eine für das Grundwasser unbedenkliche Versickerung auch an verkehrsreichen Straßen zu ermöglichen.

Im Gegensatz zum konventionellen Prinzip der schnellstmöglichen Ableitung des Niederschlagswassers über das Kanalsystem zielt die dezentrale Versickerung auf die Erhaltung des Wasserkreislaufs ab. Hierdurch wird sowohl die Grundwasserneubildung als auch die Pflanzen- oder Bodenverdunstung gefördert.



Muldenversickerung



Versickerungsrinne



Ableitung des Regenwassers vom Dach über offene Rinnen in den Versickerungsgraben (Lagune in Wallstadt)

Weitere Beispiele für funktionierende offene Regenwasserrückhaltungs- und Versickerungssysteme gibt es im ökologischen Siedlungsgebiet Wallstadt-Nord. Hier wird ein Teil des Niederschlagswassers von Dachflächen über offene Rinnen in Teichanlagen (Lagunen) geleitet. Mehrere Teiche stehen in kommunizierender Weise miteinander in Verbindung und bilden ein Biotop. Sie dienen zur Regenrückhaltung und Verdunstung und beeinflussen das Mikroklima günstig. In Teilbereichen wird das Niederschlagswasser kontrolliert versickert.

Mit der Einführung der gesplitteten Abwassergebühr 2009 hat der EBS für Grundstückseigentümer Anreize zur Regenwasserversickerung sowie zur Entsiegelung befestigter Flächen geschaffen, da die Gebühren ausschließlich nach der entwässerten Fläche berechnet werden. Die Abkoppelung des Regenwassers von der öffentlichen Kanalisation spart Niederschlagswassergebühren.

Pumpwerke und Stauräume

Aufgrund der topografischen Lage Mannheims ist für den zügigen Abfluss des Abwassers zum Klärwerk eine größere Anzahl von Pumpwerken notwendig. Derzeit betreibt der EBS 40 Pumpwerke und wartet 31 Hebeanlagen im Auftrag des städtischen Straßenbetriebs.

Bei heftigen Regenfällen sorgen 27 Rückhalterbecken mit einem Stauvolumen von insgesamt 186.000 m³ dafür, dass es im Stadtgebiet nicht zu Überflutungen kommt. In diesen Rückhalteräumen wird das Niederschlagswasser zwischengespeichert und mit nachlassender Abflussmenge wieder in die Kanalisation abgegeben. Übersteigt in seltenen Fällen die Wassermenge die Kapazitäten der vorhandenen Rückhalteräume, dann fließt das Niederschlagswasser in den Regenüberlaufbecken nach mechanischer Vorreinigung über die Regenauflüsse in die Vorfluter Rhein und Neckar.



Regenwasserpumpen im Pumpwerk Speyerer Straße

Verborgenes Industriedenkmal – das Pumpwerk Ochsenperch

Das älteste und größte Abwasserhebewerk Mannheims ist das Pumpwerk Ochsenperch. Es wurde 1902-04 nach den Plänen des damaligen Leiters des Hochbauamts, Stadtbau- und Direktor Richard Perrey, errichtet. Zwischen Neckar und Industriehafen gelegen verbirgt das Denkmal geschützte Bauwerk in seinem Innern modernste Technik – ein mit elektro-



Richard Perrey (1866-1937)

nischem Prozessleitsystem gesteuertes Hebewerk. Die vier Pumpen können im Dauerbetrieb bis zu 6.200 Liter Schmutzwasser pro Sekunde aus den südlichen Stadtteilen und Feudenheim in Richtung Kläranlage im Mannheimer Norden befördern. Bei starken Regenfällen und Hochwasser schalten sich automatisch zwei Regenwasserpumpen mit einer Förderleistung von 4.200 Liter pro Sekunde zu, um weitreichende Überschwemmungen im gesamten südlichen Stadtgebiet zu vermeiden.



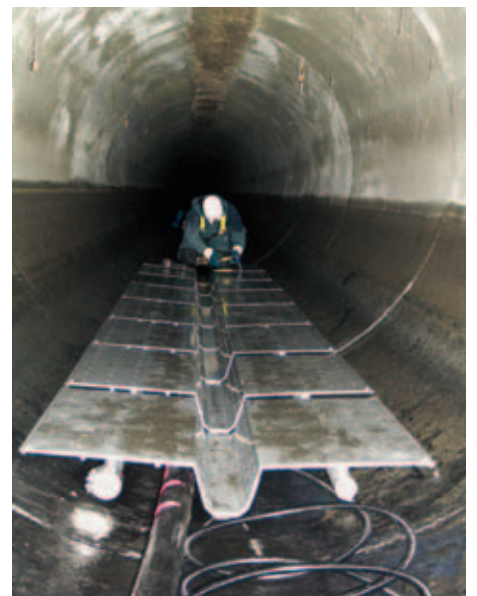
Das Pumpwerk Ochsenperch nach der Renovierung 2004

Energieeffizient: Wärme aus Abwasser

Als erstes öffentliches Gebäude wird das Pumpwerk Ochsenperch seit 2011 mit Wärme aus dem Abwasserkanal beheizt. Ein Wärmetauscher im Zulaufkanal entzieht dem durchschnittlich 17 °C temperierten Abwasser bei einem mittleren Zufluss von 400 Liter pro Sekunde Wärme, die für die Heizung der Pumpenhalle verwendet wird. Bei einer Heizöl einsparung von mehreren 1.000 Litern pro Jahr und mithilfe der Fördermittel des Landes

Baden-Württemberg hat sich die neue Heizanlage bereits nach ca. 14 Jahren amortisiert.

Für die Nutzung von Abwasserwärme zu Heizungs- und Kühlzwecken besteht ein großes Potential. So lassen sich Wärmetauscher nicht nur in Pumpwerken, sondern auch in Abwasserkanälen unter Wohnquartieren, Sportstätten und Gewerbegebieten einbauen.



Wärmetauscher im Zulaufkanal des Pumpwerks Ochsenperch

ABWASSERBEHANDLUNG

Das Klärwerk Mannheim



Luftbild des Klärwerks 2011

Das zentrale Klärwerk des EBS, ausgelegt auf 725.000 Einwohnerwerte, reinigt das Abwasser aus Mannheimer Haushalten, Industrie und Gewerbe. Es liegt in einem Landschaftsschutzgebiet, ca. 500 m vom Rhein und ca. 3 km Luftlinie vom Ortskern Mannheim-Sandhofen entfernt.

Die Abwasserbehandlung

Täglich kommen durchschnittlich 100.000 m³ Abwasser im Zulaufkanal des Klärwerks an; dies entspricht dem 50-fachen Fassungsvermögen des stillgelegten Mannheimer Wasserturms. Im Zulaufpumpwerk heben Förder-



Belebungsbecken der biologischen Reinigungsstufe

schnecken die Wassermassen 6 m an, danach fließt das Abwasser im freien Gefälle zu den Reinigungsstationen. Unter Einsatz modernster Technik durchläuft es innerhalb von 24 Stunden ein aufwendiges Reinigungsverfahren in drei Stufen, bevor es geklärt und gefiltert in den Rhein geleitet wird:

Bei der mechanischen Abwasserbehandlung werden im Rechenhaus Feststoffe durch Grob- und Feinrechen aus dem Abwasser entfernt, das Rechengut entwässert und in der Müllverbrennungsanlage entsorgt. Pro Jahr fallen ca. 1.000 t Rechengut an, dies entspricht dem Inhalt von 15.000 Müllsäcken. Im Sandfang und im belüfteten Fettfang erfolgt die Beseitigung von Sand bzw. Fett mittels Räumer. Der gewaschene Sand kommt auf die Deponie, Öle und Fette gelangen zum Klärschlamm in die Faulbehälter. Im Vorklärbecken werden schließlich die restlichen groben Schwebstoffe aus dem Abwasser entfernt.

Die biologische Abwasserbehandlung findet in den fünf Belebungsbecken statt, wo verschiedene Arten von Mikroorganismen unter kontrollierten technischen Bedingungen (Zugabe bzw. Entzug von Sauerstoff) die im Abwasser gelösten Schadstoffe Kohlenstoff, Phosphor und Stickstoff vertilgen. Unter besonderen Bedingungen erfolgt die Zugabe von Eisensalzen zur Phosphatfällung. Im Nachklärbecken setzen sich kleinste Schmutzteilchen als Schlammflocken ab. In der Filtration, der dritten Stufe der biologischen Abwasserreinigung, werden die restlichen Schwebstoffe entfernt und das geklärte Abwasser fließt in den Rhein.

Die Schlammbehandlung

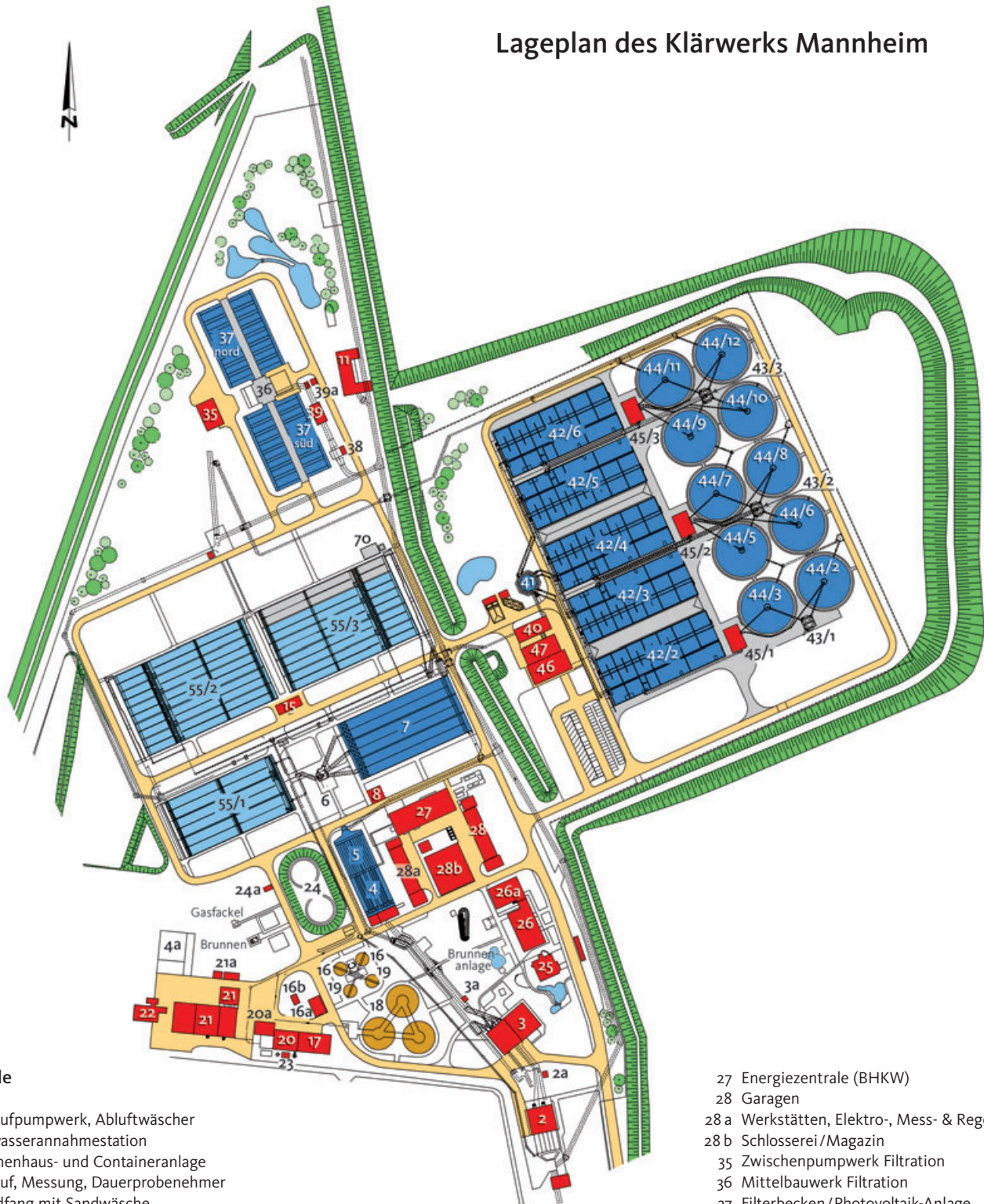
Ausgangsmaterial für die Schlammbehandlung ist der Frischschlamm aus den Vorklärbecken sowie der Überschussschlamm aus der Biologie, beide mit einem hohen Wassergehalt von 95 bis 99 %. Der eingedickte und durch Abtrennung des Schlammwassers auf ein Zehntel reduzierte Schlamm kommt zur Ausfäulung in die Faulbehälter, wo er bis zu 40 Tagen verweilt und unter Luftabschluss und bei konstanten 37 °C Klärgas produziert. Anschließend wird der Klärschlamm entwässert und bei einer Temperatur von bis zu 500 °C thermisch getrocknet. Der Restschlamm hat nur noch einen Wassergehalt von 5 %.

Das getrocknete Klärschlammgranulat von derzeit ca. 10.000 t pro Jahr wird noch größtenteils in der Zementindustrie thermisch und stofflich verwertet. Ab 2013 erfolgt die Verwertung von 50 % des getrockneten Klärschlammes in der Klärschlammvergasungsanlage auf dem Klärwerksgelände.



Heißgaserzeuger zur Schlamm-trocknung

Lageplan des Klärwerks Mannheim



Legende

- | | | |
|--|--|--|
| 2 Zulaufpumpwerk, Abluftwäscher | 19 Stapelbehälter Faulschlamm | 27 Energiezentrale (BHKW) |
| 2 a Abwasserannahmestation | 20 Überschussschlammverdickung | 28 Garagen |
| 3 Rechenhaus- und Containeranlage | 20 a Flockungsmittel und Zentralpumpwerk | 28 a Werkstätten, Elektro-, Mess- & Regeltechnik |
| 3 a Zulauf, Messung, Dauerprobennehmer | 21 Schlammentwässerung und -trocknung | 28 b Schlosserei/Magazin |
| 4 Sandfang mit Sandwäsche | 21 a Vorarbeiter-Büro | 35 Zwischenpumpwerk Filtration |
| 4 a Sandablageplatz | 22 Klärschlammvergasung | 36 Mittelbauwerk Filtration |
| 5 Fettfang | 23 BHKW 4 | 37 Filterbecken/Photovoltaik-Anlage |
| 6 Kreisverteiler Vorklärbecken | 24 Gasbehälter | 38 IDM Ablaufmengenmessung |
| 7 Vorklärbecken | 24 a Schaltraum Gasbehälter /Gasfackel | 39 Wasserrad |
| 8 Frischschlammumpwerk | 25 Zentrale Leitwarte, Verwaltung, Lkw-Waage | 39 a Fällmittelhilfsstation |
| 11 Hochwasserpumpwerk | 26 Besprechungsraum, Kantine, Sozialräume | 40 Zwischenpumpwerk Biologie |
| 15 Steuerung Regenüberlaufbecken | 26 a Labor | 41 Kreisverteiler Biologie |
| 16 Stapelbehälter Frischschlamm, Überschussschlamm | | 42 Belebungsbecken |
| 16 a Vorzentrifuge | | 43 Verteilerbauwerk Nachklärbecken |
| 16 b Co-Substrat-Anlage | | 44 Nachklärbecken |
| 17 Schlammumpwerk | | 45 Rücklauf- und Überschussschlammumpwerk |
| 18 Faulbehälter | | 46 Gebläsestation und E-Station |
| | | 47 Fällmittelstation |
| | | 55 Regenüberlaufbecken |
| | | 70 Pulveraktivkohle-Anlage |

Sanierung der Faulbehälter

40 Jahre Betrieb gehen an einem Klärwerk nicht spurlos vorüber. Die Wartung und Instandhaltung der Anlagen und Maschinen gehören mit zu den Hauptaufgaben des EBS.

Die Sanierung der drei Faulbehälter (Baujahr 1970 und 1983), bei denen sich Schäden in der Aluminium-Fassade zeigten, erwies sich als eine der aufwendigsten Instandhaltungsmaßnahmen im Klärwerk. Sie dauerte einschließlich Planungs- und Ausschreibungsphase über drei Jahre und erfolgte im laufenden Betrieb.



Eingehauster Faulbehälter während der Sanierung im Winter

In den ca. 38 m hohen Faultürmen wird der Klärschlamm ausgefault; hierbei entsteht Methangas und die Feststoffmenge wird erheblich reduziert. Das Fassungsvermögen der Behälter beträgt insgesamt rund 22.500 m³. Für einen kontinuierlichen Ablauf des biologischen Prozesses ist im Innern eine konstante Temperatur von ca. 37 °C notwendig.

Um die großen Behälter mit ihrer nicht alltäglichen Geometrie sanieren zu können, wurden sie mit einem aufwendigen Gerüst umstellt. Die Einhausung war notwendig, um die bleihaltige Beschichtung abstrahlen zu können, die separat erfasst und entsorgt wurde. Im Winter diente die Einhausung auch als Puffer zum Schutz vor der kalten Witterung.

Wegen der massiven Schäden an der Aluminiumfassade musste bei den Faultürmen die Verkleidung vollständig erneuert werden. Da diese schadstoffhaltiges Material enthielt (z. T. bleihaltige Altbeschichtungen, Mineralfasern mit krebserzeugenden Faseranteilen sowie FCKW-haltige Dämmstoffe), war zunächst ein kompletter Rückbau der Bestandsfassade inklusive der Stahlkonstruktion des unteren Umlaufs erforderlich.

Nach der vollständigen Entfernung der alten Fassadenverkleidung wurde die Behälterfläche für den Korrosionsschutz zweimal abgestrahlt und dreimal beschichtet. Je Behälter betrug die zu sanierende Fläche ca. 1.400 m². Anschließend wurde die neue Aluminiumverkleidung mit 3 mm starken Außenblechen anmontiert. Um die Behälter vor Witterungseinflüssen – insbesondere in den kalten Wintermonaten – zu schützen und eine gleichmäßige Temperatur im Innenraum für den Faulungsprozess zu gewährleisten, wurde jeder Faulbehälter mit einer 140 mm dicken Schicht aus Steinwolle wärmedämmend.

Für das Aufbringen der neuen Unterkonstruktion der Fassade sowie dem Aufbau des Gerüsts waren umfangreiche Schweißarbeiten notwendig. Ca. 15.000 Dämmnägel wurden für das Anbringen der Wärmedämmung aufgeschossen sowie ca. 5.000 Laschen und Gewindebolzen für die Befestigung der Tragkonstruktion an den Behälter angebracht.

Seit ihrer Sanierung erstrahlen die Faulbehälter mit ihrer silberhellen Aluminiumfassade in neuem Glanz.

Vorsorglicher Gewässerschutz - Spurenstoffbeseitigung durch Pulveraktivkohle

Der Gehalt von organischen Spuren Schadstoffen im Abwasser gerät zunehmend in die öffentliche Diskussion. Dabei handelt es sich vor allem um Arzneimittelreste, die vom Menschen ausgeschieden ins häusliche Abwasser gelangen und in Kläranlagen nur zum Teil wieder entfernt werden können. Über die Flüsse wandern die stabilen, schwer abbaubaren Wirkstoffe in den Wasserkreislauf und sind seit Jahrzehnten bereits in Trinkwasserquellen nachweisbar. Zu den Spurenstoffen zählen u. a. künstliche Hormone, Schmerzmittel, Röntgenkontrastmittel oder Antibiotika, die zu Resistenzbildungen bei Krankheitserregern führen können.

Seit Mai 2010 betreibt der EBS im Klärwerk eine Pilotanlage, um die Spurenstoffe aus dem Abwasser zu entfernen. Der Einsatz von Pul-

veraktivkohle zur Spurenstoffelimination ist ein neues technisches Verfahren, das unter wissenschaftlicher Begleitung der Hochschule Biberach erstmals im großtechnischen Maßstab für einen Teilstrom des Abwassers durchgeführt wird.

Die Untersuchung der Wirksamkeit der PAK-Anlage mithilfe eines „Fischmonitorings“ durch die Landesanstalt für Umweltschutz – LFU Bayern brachte eindeutige Ergebnisse. Nach vier Wochen konnte im Blut männlicher Regenbogenforellen, die in biologisch gereinigtem Abwasser gehalten wurden, ein östrogenwirkender Wirkstoff in 100-facher Menge nachgewiesen werden gegenüber dem Fischkollektiv, das im biologisch behandelten, filtrierten und zusätzlich mit PAK gereinigten Abwasser gehalten wurde. Die Ergebnisse zeigten, dass

mithilfe des PAK-Verfahrens die Spurenstoffe zu über 80 % aus dem Abwasser entfernt werden können.



Abwasserprobe mit Pulveraktivkohle vor der PAK-Anlage

Das Sachgebiet Abwasserchemie



Entnahme von Abwasserproben aus dem Zulauf für die Analyse im Labor

Eine besondere Rolle bei der Qualitätssicherung der Abwasserreinigung spielt das Sachgebiet (SG) Abwasserchemie. Seine Aufgabe ist die analytische Überwachung des Klärwerks und der Indirekteinleiter Mannheims.

Damit wird die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG), der Abwasserverordnung und der Eigenkontrollverordnung des WG Baden-Württemberg sowie der Bestimmungen der wasserrechtlichen Erlaubnis gewährleistet.

Sachverständige Stelle der Wasserwirtschaft

Das SG Abwasserchemie ist seit 2001 als „Sachverständige Stelle in der Wasserwirtschaft“ anerkannt. Dies ermöglicht ihm, die qualitätsgesicherte Eigenkontrolle der Klärwerksgrenzwerte selbst zu übernehmen sowie auf Anordnung der Wasserbehörde Abwasseranalysen durchzuführen. Seit 2007 führt das SG Abwasserchemie die Kontrollen der Ablaufgrenzwerte des Klärwerks Mannheim eigenverantwortlich durch. Die täglich bestimmten Ablaufparameter wie gesamter organischer Kohlenstoff (TOC), anorganischer Stickstoff (N_{anorg}) und gesamter Phosphor (P_{ges}) usw. werden monatlich der zuständigen Überwachungsbehörde, dem Regierungspräsidium Karlsruhe (RP), elektronisch übermittelt.

Des Weiteren werden in Abstimmung mit dem Verfahren die zur Steuerung des Klärwerks notwendigen analytischen Parameter ermittelt und die analytische Qualitätssicherung der Online-Analysegeräte durchgeführt.

Als Sachverständige Stelle bietet das SG Abwasserchemie die Beprobung und Analyse des Abwassers von Industriebetrieben an. Dies wird auch vom RP Karlsruhe zur Kontrolle einiger Mannheimer Firmen bezüglich deren Einhaltung der Grenzwerte nach geltendem Wasserrecht genutzt.

Indirekteinleiterkontrolle

Damit die Reinigungswirkung der Kläranlage nicht durch überhöhte Belastungen (TOC) bzw. Störstoffe wie Fette, Öle, Schwermetalle oder Bakteriengifte (z. B. Cyanide) beeinträchtigt wird, nimmt das SG Abwasserchemie regelmäßig qualifizierte Stichproben bei Industrie- und Gewerbebetrieben und analysiert sie im eigenen Labor. Je nach Belastung des Abwassers erfolgt bei Grenzwertüberschreitung die Aufforderung zur Stellungnahme. Bei überdurchschnittlichen Nährstoffeinleitungen wird der Starkverschmutzungszuschlag entsprechend den in der Abwassersatzung vorgegebenen Grenzwerten und Berechnungsverfahren veranlagt. Die Daten werden im Indirekteinleiter-Kataster dokumentiert.

In Verbindung mit den Daten der Messsonden in den Pumpwerken kann das SG Abwasserchemie somit Betriebsstörungen im Klärwerk durch Indirekteinleiter frühzeitig erkennen, rückverfolgen und entsprechende Maßnahmen ergreifen.

Zu den häufig kontrollierten Betrieben bzw. deren Beauftragten steht der EBS in gutem Kontakt. Hierdurch ist es möglich, sie bezüglich Schadstoff-, Abwasservermeidung und anderer Abwasserentsorgungsstrategien umfassend zu beraten (z. B. das fetthaltige Abwasser direkt im Klärwerk anzuliefern, anstatt es verbotenerweise in die Kanalisation einzuleiten). Mittels dieser Maßnahmen werden manche Fehleinleitungen der Firmen vermieden.

Der Informationsaustausch erleichtert auch Stellungnahmen des SG Abwasserchemie zu Wasserrechtsverfahren und verkürzt somit Bearbeitungs- bzw. Genehmigungszeiten.



Probenahme am Schacht eines Indirekteinleiters

ERNEUERBARE ENERGIEN IM KLÄRWERK

Der Betrieb von Kläranlagen ist sehr energieaufwendig. Etwa 20% des kommunalen Stromverbrauchs geht auf ihr Konto. Um die 30 Mio. m³ Abwasser zu reinigen, die jährlich aus dem gesamten Mannheimer Stadtgebiet im Klärwerk ankommen, wird viel elektrische Energie benötigt – hauptsächlich für den Lufteintrag in die Belebungsbecken der Biologie und zum Antrieb von Pumpen, Motoren und Aggregaten. Hinzu kommt der Bedarf an thermischer Energie (Wärme) für die Schlamm-trocknung und die Beheizung der Faultürme. Der jährliche Energieverbrauch des Klärwerks beträgt ca. 23 Mio. kWh elektrischer Energie und ca. 29 Mio. kWh thermischer Energie aus Klärgas.

Mit einer Vielzahl von Maßnahmen realisiert der EBS stufenweise sein anspruchsvolles Ziel, das Klärwerk energieautark zu betreiben.



Faultürme und Gastanks



Entwässerter Klärschlamm

Strom und Wärme aus Klärschlamm

Seit der Inbetriebnahme des Klärwerks im Jahr 1973 wird in den Faultürmen aus dem vorbehandelten Klärschlamm Klärgas erzeugt. Die jährliche Menge von derzeit ca. 11 Mio. m³ Klärgas wird komplett zur Energie- und Wärmeerzeugung im Klärwerk verwendet. Ein Drittel der Gasmengen dient der Befeuerung der Heißgaserzeuger in der Schlamm-trocknung; die restlichen zwei Drittel werden über

Gas-Otto-Motoren im Blockheizkraftwerk (BHKW) in Wärme und Energie umgewandelt. Die Abwärme aus der Schlamm-trocknung und von den Gasmotoren deckt den gesamten Wärmebedarf des Klärwerks zum Aufheizen der Faulbehälter und für die Heizung und Warmwasserversorgung der Betriebsgebäude. Seit 2007 kann der EBS weitgehend auf den Bezug von Erdgas verzichten.

Mehr Betriebssicherheit mit Biogasmotoren

Die Gasmotoren im Blockheizkraftwerk (BHKW) dienen zugleich der Notstromversorgung. Somit kann bei längeren Stromausfällen der Abwasserfluss durch das Klärwerk aufrechterhalten werden. Zu mehr Betriebssicherheit und Energieeinsparung trägt auch

der sogenannte Turbogasverdichter bei – ein mit Klärgas betriebener Luftverdichter. Die klimaneutrale Energieproduktion konnte durch den Einsatz dieses Biogasmotors noch effizienter genutzt werden.



Blockheizkraftwerk in Containerbauweise

Ausbau der Co-Vergärung

Ein wichtiger Baustein zur Steigerung der Klärgasproduktion ist die „Co-Vergärung“. Hierbei kommen Produktrückstände aus der Nahrungsmittelindustrie oder sonstige leicht abbaubare organische Substanzen zusammen mit dem Klärschlamm in den Faulbehältern zum Einsatz. Durch die vermehrten Faulungsprozesse erhöht sich die Klärgasausbeute um 80 bis 100 %.

Die Verwertung von 11 Mio. m³ Klärgas in der Schlamm Trocknung, den BHKW und dem HV-Turbo bringt insgesamt eine CO₂-Einsparung von 33.000 t im Jahr.



Gasmotor im Container-BHKW

Sonnenenergie und Wasserkraft

Bei der Nutzung dezentraler Energiepotenziale im Klärwerk kamen auch innovative Ideen zum Zuge. Ein Beispiel dafür ist die Photovoltaik-Anlage auf der Filtration. Für die ehemals offenen Filterbecken wurde wegen der Algenbildung in den Sommermonaten eine Abdeckung notwendig; zugleich plante man, die Fläche von 2.300 m² mit dem Aufbau von Solarmodulen sinnvoll zu nutzen. Im ersten Betriebsjahr produzierte die PV-Anlage rund 238.000 kWh Solarstrom, der zu den geförderten Preisen ins Stromnetz des örtlichen Energieversorgers eingespeist wird.

Ein Musterbeispiel für das Zusammenwirken von ingenieurtechnischem und handwerkli-

Klärschlammvergasung

Der erste Bauabschnitt der Klärschlammvergasungsanlage (KVA) in Form eines Betreibermodells wurde 2010 auf dem Klärwerksgelände fertig gestellt. Bei der Klärschlammvergasung wird in einem Wirbelschichtvergaser bei 850 °C dem getrockneten Klärschlammgranulat das organische Restmaterial entzogen, es entsteht Synthesegas. Dies ist ein Schwachgas, das zur Schlamm Trocknung und zum Antrieb von Gasmotoren verwendet wird. Das restliche Granulat wird deponiert oder als Recyclingmaterial in der Bauwirtschaft verwendet.

Nach Realisierung der beiden nachfolgenden Ausbaustufen wird die KVA insgesamt 15,2 Mio. m³ Synthesegas erzeugen. Zusammen mit den anderen Maßnahmen könnte dies den Energiebedarf des Klärwerks zu weit über 90% decken. Durch die Verwertung des Klärschlammes vor Ort werden zusätzlich Transportwege und Kraftstoff eingespart. Die Reduktion der CO₂-Emissionen wird dann pro Jahr ca. 40.000 t betragen.



Klärschlammvergasungsanlage



Wasserrad im Ablauf zum Rhein

chem Können ist die Konstruktion eines Wasserrads, das im Gefälle des gereinigten Abwasserstroms elektrische Energie aus Wasserkraft erzeugt. Es handelt sich hierbei um ein „Zuppinger Rad“ mit gekrümmten Schaufeln, das im Gegensatz zur Turbine für wechselnde Wasserstandhöhen geeignet ist. Sein Wirkungsgrad beträgt über 80%. Das in Eigenregie geplante, berechnete und gebaute Wasserrad läuft seit der Inbetriebnahme störungsfrei. Es erzeugt pro Jahr 40.000-80.000 kWh Strom, der ins eigene Netz eingespeist wird.

Durch den Einsatz von Klärgas, Kraftwärmekopplung und die Gewinnung von Strom aus Sonnenenergie und Wasserkraft ist der Ener-

giebedarf des Klärwerks heute zu 63% autark gedeckt. Mit dem Betrieb der Klärschlammvergasungsanlage wird sich der Anteil des Fremdenergiebezugs auf ein Minimum reduzieren.

BERATUNG UND INFORMATION



Kundenberatung in der Kaufmännischen Abteilung

Zum Aufgabenbereich des EBS als städtischem Dienstleistungsbetrieb gehört die Beratung und Information seiner Kunden – der Bürgerinnen und Bürger Mannheims sowie der Gewerbebetriebe und Industrieunternehmen. Für Fragen und Anträge bezüglich der Abwassergebühren oder für Beratungen von Bauherren und Architekten hinsichtlich der Lage und Ausführung von Kanalanschlüssen gibt es spezielle Beratungsstellen. Auch für Anregungen und Beschwerden wurde eine Hotline

eingerrichtet; sie sorgt dafür, dass Anfragen zügig von den fachlich zuständigen Stellen bearbeitet werden.

Auf Einladung von Siedlervereinen oder anderen Organisationen informieren die Experten des EBS auch auf Veranstaltungen über Hausanschlüsse, Rückstausicherung oder bauliche Maßnahmen zum Überflutungsschutz an Grundstücken und Gebäuden.

Kundendienst im Kanalbetrieb

Meist sind es verstopfte Regeneinläufe, klappernde Kanaldeckel, Ratten oder Geruchsbelästigung, was die Bürger zum Hörer greifen lässt. Seit zehn Jahren unterhält der EBS ein gut funktionierendes Beschwerdemanagement. Sämtliche Störmeldungen und Beschwerden von Bürgerinnen und Bürgern, aber auch von städtischen Ämtern, Feuerwehr oder Polizei werden im Kundendienstbericht dokumentiert. Geht eine Störmeldung beim EBS ein, werden die Mitarbeiter des Kanalbetriebs sofort informiert. Nach Rücksprache mit dem Anrufer fahren sie zum Ort des Geschehens,

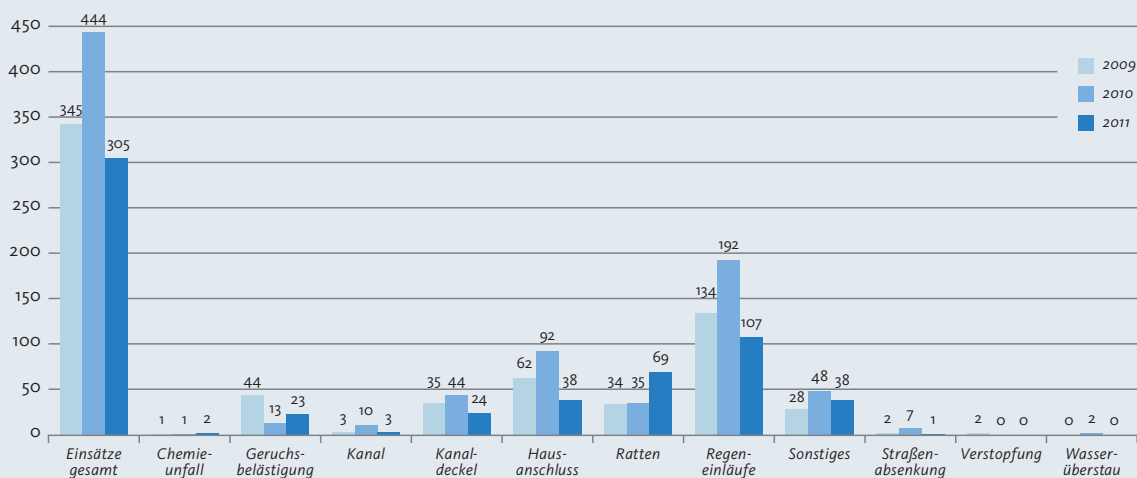
um die Ursache der Störungen festzustellen und – wo möglich – gleich zu beseitigen. Alle wichtigen Daten sowie die durchgeführten Maßnahmen werden im elektronisch geführten Kundendienstbericht festgehalten.

Die jährliche Auswertung der Störmeldungen (siehe Diagramm) ergibt wichtige Hinweise, wo welche Störungen häufiger auftreten. Die entsprechenden Maßnahmen werden – wenn erforderlich – auch in Kooperation mit anderen städtischen Fachbereichen durchgeführt.



Regeneinlauf mit Rinnengitter (Gully)

Störmeldungen Kanalnetz 2009-2011



Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung

Die Stadtentwässerung arbeitet meist im Verborgenen. Entsprechend groß ist das Interesse der Bürgerinnen und Bürger an öffentlichen Führungen, die der EBS regelmäßig in Klärwerk und Kanalbetrieb anbietet.

Auch die alljährlichen Themen- und Aktionstage nutzt der EBS, um die Besucher über seine Arbeit zu informieren: Beim internationalen Tag des Wassers (22. März) am historischen Fremdeneinstieg in die Kanalisation, beim Aktionstag Lebendiger Neckar am Neckarufer oder am Tag des offenen Denkmals mit Führungen durch die Industriedenkmäler Pumpwerk Ochsenpferch und Alte Kläranlage. Regelmäßig veranstaltet die Stadtentwässerung einen Tag der offenen Tür im Klärwerk mit zahlreichen Aktionen, Rundgängen und Infoangeboten rund um das Thema Abwasserentsorgung.



Familienführung im Klärwerk

Abenteuer Abwasser

Zur Öffentlichkeitsarbeit des EBS gehört auch die Umweltbildung. Im Klassenzimmer, bei Stadtrundgängen oder vor Ort erfahren die Schüler und Schülerinnen Wissenswertes über den Wasserkreislauf, die Entwässerung von Straßen und Grundstücken und verfolgen den Weg des häuslichen Abwassers durch die Kanalisation und die Kläranlage. Dabei diskutieren die Kinder auch die Zusammenhänge zwischen persönlichem (Konsum-)Verhalten und den Auswirkungen auf die Umwelt. Unter

dem Motto „Abenteuer Abwasser“ finden in den Sommermonaten Kinderführungen im Rahmen des Mannheimer Agenda Diploms statt. Dabei werden Orte des Geschehens – Klärwerk und Kanalisation – zu „Lernorten“, an denen Kinder und Erwachsene mit allen Sinnen erleben und beobachten, wie in komplexen Verfahren und hochtechnischen Anlagen Abwasser abgeleitet, behandelt und geklärt wird.



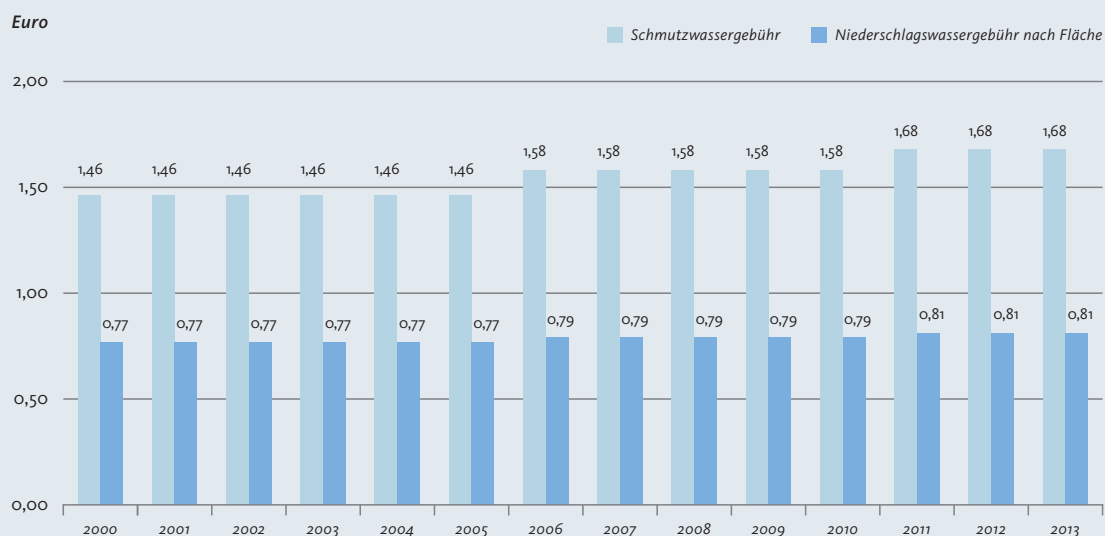
Abwasserreinigungsmodell am Infostand des EBS beim Aktionstag „Lebendiger Neckar“



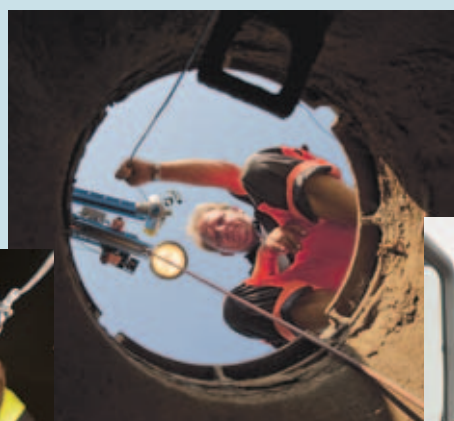
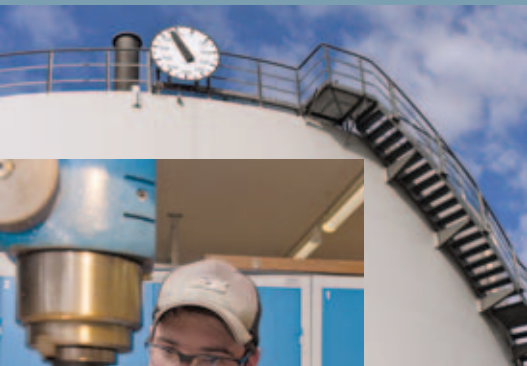
Junge Besucher im Zulaufkanal der Alten Kläranlage

Allgemeine Daten	Einzugsgebiet	Stadtgebiet Mannheim
	Fläche	ca. 145 km ²
	Einwohnerzahl	ca. 325.000 Einwohner
	Anschlussgrad Mannheimer Haushalte an die Kanalisation	99,9 %
	Anzahl der Beschäftigten	236
	Auszubildende	6
Abwassergebühren	Schmutzwassergebühr	1,68 €/m ³
	Niederschlagswassergebühr	0,81 €/m ² pro Jahr
Abwasserableitung	Entwässerte Flächen	ca. 7.100 ha
	Gesamtlänge des Kanalnetzes	rund 890 km
	Betriebsfahrzeuge	
	– Reinigungsfahrzeuge (Spül- und Saugfahrzeuge, davon zwei mit Wasserrückgewinnung)	6
	– TV-Fahrzeuge	2
Pumpwerke und Regentlastungsanlagen	Regenüberlaufbecken (RÜB)	8
	Regenrückhaltebecken (RRB)	7
	Stauraumkanäle	15
	Gesamtes Rückhaltevolumen	ca. 186.000 m ³
	Pumpwerke	40
	Hebeanlagen	31
Abwasserbehandlung, Klärwerk	Einwohnerwerte	725.000 EW
	Zulaufmengen des Abwassers zur biologischen Behandlung	
	– durchschnittlich	1.250 l/s
	– Trockenwetter	600 l/s
	– Regenwetter	4.000 l/s
	max. Zulauf	10.000 l/s

Gebührenentwicklung 2000-2013



Arbeiten beim EBS – kein alltäglicher Job



Impressum

Herausgeber, Konzept und Redaktion

Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim
Käfertaler Str. 258
ab 1. Jan. 2013: Käfertaler Str. 265
68167 Mannheim
Tel.: 0621/293-5210
Fax: 0621/293-5211
e-mail: stadtentwaesserung@mannheim.de
www.mannheim.de/stadtentwaesserung

Gestaltung

ID-Kommunikation, Mannheim

Bildnachweis

Bilfinger Berger AG (Unternehmensarchiv),
Eigenbetrieb Stadtentwässerung Mannheim,
Fachbereich Geoinformation und Vermessung
Mannheim, Foto-Hauck Werbestudios,
JS-Gruppe, Landesmuseum für Technik und
Arbeit Mannheim, Harald Priem trans-ponder,
Thomas Kilian, Reiss-Engelhorn-Museen,
Rittelmann Pressebild, Cordula Schuhmann,
Stadtarchiv Frankfurt am Main, Stadtarchiv
Mannheim, Wasser- und Schifffahrtsamt
Heidelberg

Druck

Colordruck Leimen GmbH

Gedruckt auf Papier aus
nachhaltiger Forstwirtschaft (glives Silk)



Biotop im Klärwerk Mannheim