



DAS MÜLHEIMER VERFAHREN

RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH
Am Schloß Broich 1-3
45479 Mülheim an der Ruhr

Stand: Oktober 2023

INHALT

1. RWW – ein regionaler Wasserversorger	3
2. Wassergewinnung an der Ruhr	3
3. Die Entwicklung des Mülheimer Verfahrens	4
3.1 Anfänge	5
3.2 Weiterentwicklung	6
4. Prinzipielle Wirkweise der einzelnen Aufbereitungsstufen	7
4.1 Variante 1 des Mülheimer Verfahrens mit Vorbereitung und abschließender Untergrundpassage	13
4.2 Variante 2 des Mülheimer Verfahrens mit Langsandsandfiltration/ Untergrundpassage und anschließender Nachaufbereitung	15
4.3 Nutzung von Rheinuferfiltrat der Wassergewinnungsanlage Duisburg-Mündelheim	18



RWW-Hauptverwaltung in Mülheim an der Ruhr

1. RWW – ein regionaler Wasserversorger

Trinkwasser ist unser Lebensmittel Nr. 1 und wichtiger Wirtschaftsfaktor im Herzen des Ruhrgebiets. Mit der Unterzeichnung eines Vertrags für die bessere Wasserversorgung des westlichen Ruhrgebiets zwischen der Stadt Mülheim an der Ruhr, dem Kreis Recklinghausen und der Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke AG (RWE) wurde 1912 der Grundstein für die RWW gelegt. Sie schufen damit ein bis heute beispielhaftes Versorgungskonzept.

RWW zählt heute zu den größten Wasserdienstleistern Deutschlands. Das rund 850 Quadratkilometer (km²) große Versorgungsgebiet umfasst 15 Kommunen und Kreise von der niederländischen Grenze im Norden bis ins Bergische Land im Süden. Mit sechs Wasserwerken für die Trinkwasseraufbereitung und 14 Wasserspeicher mit einer Speicherkapazität von 168.000 Kubikmetern (m³) versorgt RWW rund 900.000 Menschen, Industrie und Gewerbe mit jährlich circa 75 Millionen m³ Trink- und Brauchwasser. Zudem unterhält sie ein 3.000 Kilometer langes Leitungsnetz mit rund 140.000 Hausanschlüssen. Insgesamt gibt es 14 Druckzonen im Versorgungsgebiet.

2. Wassergewinnung an der Ruhr

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts entstanden entlang der Ruhr von Meschede bis Mülheim die ersten Wasserwerke zur Belieferung der Bevölkerung und der Industrie mit Trink- und Brauchwasser. Sie sind auch heute eine wichtige Basis der Wasserversorgung des Ruhrgebietes und angrenzender Bereiche. Die Wassergewinnung an der Ruhr war zunächst sehr einfach beschaffen. Man gewann Uferfiltrat der Ruhr mittels Brunnen entlang der Ruhrufer, das aber wegen der natürlichen geologischen Verhältnisse im Ruhrtal nur in sehr begrenzten Mengen zur Verfügung stand. Daher wurde ab Beginn des 20. Jahrhunderts in vielen Wasserwerken zusätzlich die künstliche Grundwasseranreicherung eingeführt. Hierbei wurde das unmittelbar aus der Ruhr entnommene Flusswasser in Versickerungsbecken (Langsandsandfilter) geleitet und dort in den Untergrund infiltriert. Nach einer Verweilzeit des Wassers von mehreren Tagen bis Wochen wurde anschließend das Wasser, vermischt mit Uferfiltrat der Ruhr, zurückgewonnen und nach einer Chlordesinfektion in das Leitungsnetz gepumpt.

Die künstliche Grundwasseranreicherung über Langsandsandfilter (Titelbild) ist historisch gesehen das erste bedeutende qualitätsverbessernde Verfahren und wird bis heute noch in vielen Ruhrwasserwerken eingesetzt. Allerdings machten die zunehmenden Qualitätsverschlechterungen in den 1960er und 1970er Jahren, die insbesondere die untere Ruhr betrafen, es erforderlich, weitere Aufbereitungsstufen in den Wasserwerken wie auch bei RWW zu errichten.

1970 wurde bei RWW eine neue Technologie entwickelt und bewährt. Diese als Mülheimer Verfahren bezeichnete Technologie wurde anschließend in allen RWW-Ruhrwasserwerken eingeführt und bis heute konsequent weiterentwickelt.

3. Die Entwicklung des Mülheimer Verfahrens

Bis in die 1970er hinein setzte RWW bei der Trinkwasseraufbereitung in erheblichen Mengen Chlor zur Desinfektion und Oxidation des Ruhrwassers ein. Dieses als Knickpunktchlorung bezeichnete Verfahren führte damals allerdings zu erheblichen geruchlichen und geschmacklichen Beeinträchtigungen. Zudem entstanden Reaktionsprodukte der Wasserinhaltsstoffe mit dem Chlor, die teilweise in Verdacht stehen, krebserregende Wirkungen zu haben. Zudem verbot die neue Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 1975 den Einsatz von Chlor in der TrinkwV und ließ es nur noch bei der abschließenden Sicherheitsdesinfektion des fertig aufbereiteten Trinkwassers zu, um so Wiederverkeimungen im Rohrnetz vorzubeugen.

3.1 Anfänge

RWW entschied sich daraufhin, das bis dahin praktizierte Knickpunktchlorungsverfahren aufzugeben und nach alternativen Verfahren zu suchen, die den neuen gesetzlichen Anforderungen entsprachen und bei den Kund:innen eine höhere Akzeptanz infolge einer verbesserten Wasserqualität versprachen.

Im Rahmen eines umfangreichen Forschungsvorhabens, wissenschaftlich begleitet durch das Engler-Bunte-Institut der TH Karlsruhe (heute TZW Technologiezentrum Wasser) unter der damaligen Leitung von Prof. Dr. H. Sontheimer und finanziell gefördert durch das damalige Bundesministerium für Forschung und Wissenschaft, gelang RWW Anfang 1976 der Durchbruch zu einer neuen Verfahrenstechnologie.

Basierend auf den herkömmlichen Stufen der Flockung und Sedimentation sowie der Sand- und Kiesschnellfiltration mit nachgeschalteter Adsorptionsstufe über Aktivkohle wurde im Wasserwerk Mülheim-Dohne das neue Verfahren eingeführt.

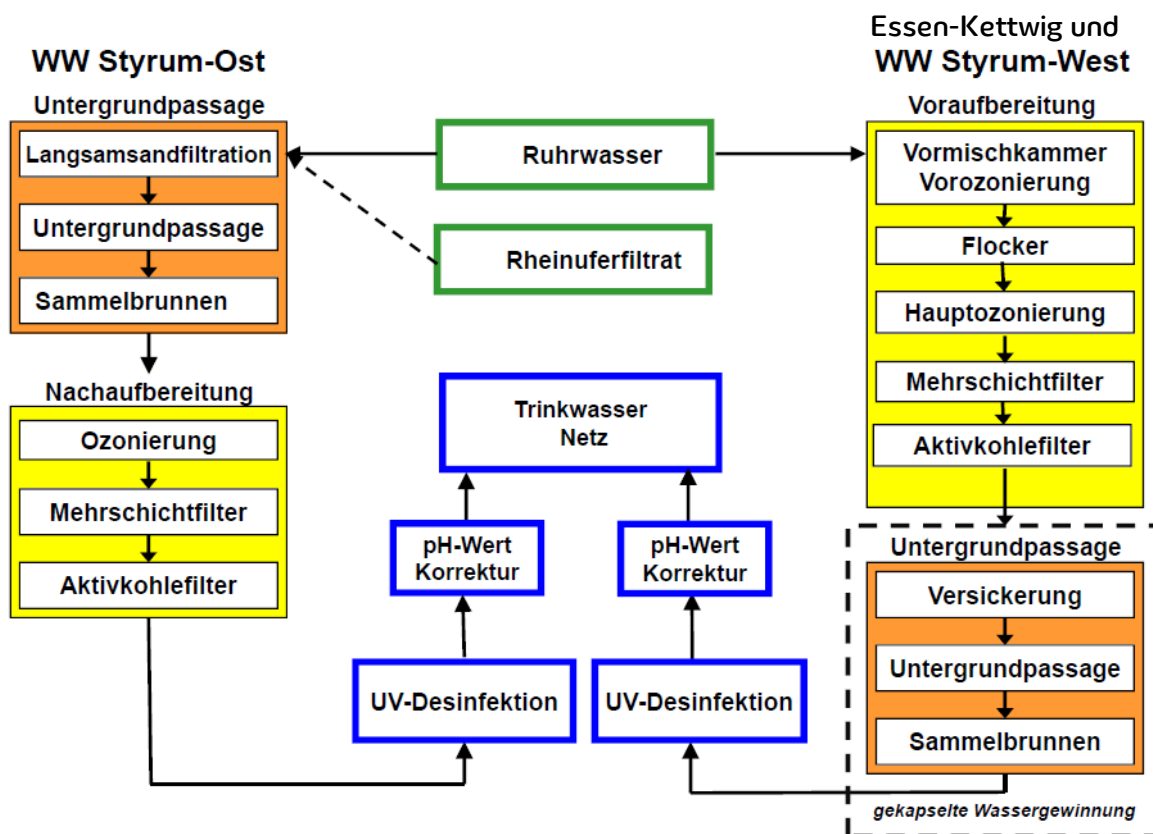
Die Ergebnisse dieses mehrstufigen Multi-Barrieren-Verfahrens waren so überwältigend, dass dieser fortan als Mülheimer Verfahren zur Flusswasseraufbereitung bezeichnete Prozess in den Folgejahren bei allen weiteren RWW-Ruhrwasserwerken installiert wurde.

Fast alle Wasserwerke an der Ruhr "arbeiten" heute nach dem so genannten Multi-Barrieren-System und besitzen eine Vielzahl von Aufbereitungsstufen, die es erlauben, sogar schwer abbaubare Mikroverunreinigungen der Ruhr wirkungsvoll zu entfernen.

Es kommen heute zwei Varianten zum Einsatz (Grafik nächste Seite), wobei die Variante 2 im Werk Styrum/Ost mit der herkömmlichen Langsandsandfiltration und Untergrundpassage beginnt. In der Variante 1, die in den RWW-Ruhrwasserwerken Styrum/West und Essen-Kettwig realisiert ist, steht am Anfang des Prozesses zunächst eine Vollaufbereitung unter Einbeziehung einer Flockereinheit, bevor das aufbereitete Ruhrwasser einer abschließenden Untergrundpassage zugeführt wird.

Variante 2:

Variante 1:



Grafik: Das Mülheimer Verfahren mit seinen Aufbereitungsvarianten

In den Folgejahren hat RWW eine Vielzahl von weiteren Verbesserungen des Verfahrens vorgenommen, allerdings den Ablauf des Aufbereitungsprozesses nicht geändert.

Das Wasserwerk Dohne wurde Ende 2015 außer Betrieb gesetzt und die Versorgung von den übrigen Ruhrwasserwerken der RWW übernommen.

3.2 Weiterentwicklung

Als eine für die Landschaft gerechte und platzsparende Form der künstlichen Grundwasseranreicherung wurden 1989 erstmalig für ein Wasserwerk an der Ruhr unterirdisch verlegte Sickerschlitzgräben anstatt der Langsamsandfilter errichtet.

2003 wurde im Wasserwerk Mülheim-Styrum/Ost die bis dahin übliche Sicherheitsdesinfektion mittels Chlor durch die UV-Technologie ersetzt. Nachdem sich diese neue UV-Desinfektion im Wasserwerksbetrieb bewährte und keine Aufkeimung des Trinkwassers im Versorgungsnetz festgestellt werden konnte, wurde sie anschließend auch in Styrum/West (2015) eingeführt.

RWW entwickelte zwischen 2004 und 2006 ein Verfahren zur nachhaltigen Kräftigung der Langsamsandfilterbecken und sanierte mit diesem Verfahren die Versickerungsbecken im Werk Styrum/Ost. Diese waren über 70 Jahre in Betrieb und die Versickerungsleistung der Becken war durch die lange Betriebszeit stark zurückgegangen.

Ein weiterer Schritt zur Weiterentwicklung des Mülheimer Verfahrens ist die hydraulische Kapselung der Wassergewinnung im Wasserwerk Styrum/West. Hierbei wird eine unterirdische vertikale Dichtwand errichtet, die 2006 fertiggestellt wurde. 2011 wurde diese hydraulische Kapselung auch im Wasserwerk Essen-Kettwig eingeführt. Mittels dieser Dichtwände, die nicht nur dem Wasserwerksbetrieb nützen und als unterirdischer Wasserspeicher für Trinkwasser dienen, können zudem unerwünschte Verunreinigungen durch Zustrom von verunreinigtem Grundwasser oder Uferfiltrat der Ruhr endgültig verhindert werden.

Ab 2007 startete RWW außerdem ein Aktivkohle-Management zum optimierten Betrieb ihrer Aktivkohlefilter-Anlagen, um gezielte Verbesserung der Adsorption von Mikroverunreinigungen wie Arzneistoffe, perfluorierte Substanzen, Umweltchemikalien, etc. an der Aktivkohle zu erreichen. Diese sind im Ruhrwasser im Mikro- oder Nanogramm-Konzentrationsbereich vorhanden und in der Trinkwasseraufbereitung teilweise schwer entfernbar.

4. Prinzipielle Wirkweise der einzelnen Aufbereitungsstufen

Die einzelnen Verfahrensstufen des Mülheimer Verfahrens erfüllen jeweils bestimmte Aufgaben. Dabei unterstützen und ergänzen sie sinnvoll die Leistung der vorhergehenden und nachfolgenden Stufen.

– Flockung und Sedimentation

Die erste Stufe der Aufbereitung in der Variante 1 ist die Flockung (Bild unten).

Die Flockung wird durch vorherige Zugabe eines Flockungshilfsmittels und ggfs. von ozonhaltiger Luft wirksam unterstützt. Neben der weitgehenden Entfernung der partikulären Substanz und Trübstoffe (Mineralstoffe, Algen etc.) werden durch die Flockung auch ein Teil der organischen Verbindungen sowie Mikroorganismen wie Parasiten oder Viren aus dem Wasser entfernt.

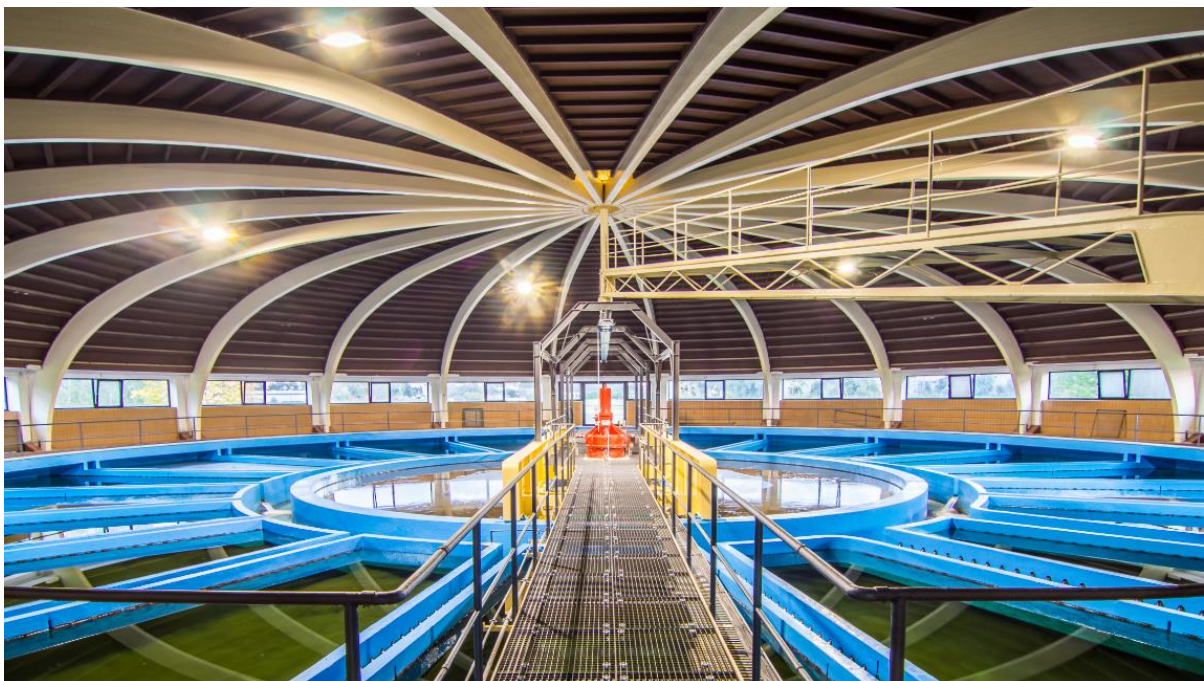


Foto (Jörn Wittenberg): Flocker vom Typ Accelator im Wasserwerk Styrum/West

– Ozonung

Durch Anregung im elektrischen Hochspannungsfeld wird ein Teil des Sauerstoffs aus zuvor getrockneter Luft in Ozon (O_3) umgewandelt. Die ozonhaltige Luft wird intensiv mit dem aus der Flockung und Sedimentation kommenden Wasser vermischt und hat folgende Wirkungen:

- Verbindungen, zum Beispiel gelöste, die schlecht filtrierbar sind, werden filtrierbar gemacht und
- Eisen- und Manganverbindungen, die noch in gelöster Form an dieser Stelle des Aufbereitungsprozesses vorliegen, werden ebenfalls in eine filtrierbare Form umgewandelt. Von diesem Prozess sind auch viele Schwermetalle betroffen, die ebenfalls so aus dem Wasser entfernt werden.
- Gelöste organische Verbindungen, die als solche schlecht biologisch abbaubar sind (zum Beispiel infolge von Doppelbindungen), werden chemisch in ihrer Struktur so verändert, dass sie anschließend wesentlich besser biologisch abgebaut werden können.
- Als aggressives Oxidationsmittel tötet Ozon Bakterien und Viren, und auch die widerstandsfähigen Dauerformen der Parasiten werden angegriffen.

Nach der Ozonbehandlung gelangt das Wasser in die Filteranlage mit den Mehrschicht- und Aktivkohlefiltern (Bild unten).



Foto (Jörn Wittenberg): Mehrschicht- und Aktivkohlefilter im Wasserwerk Styrum/West

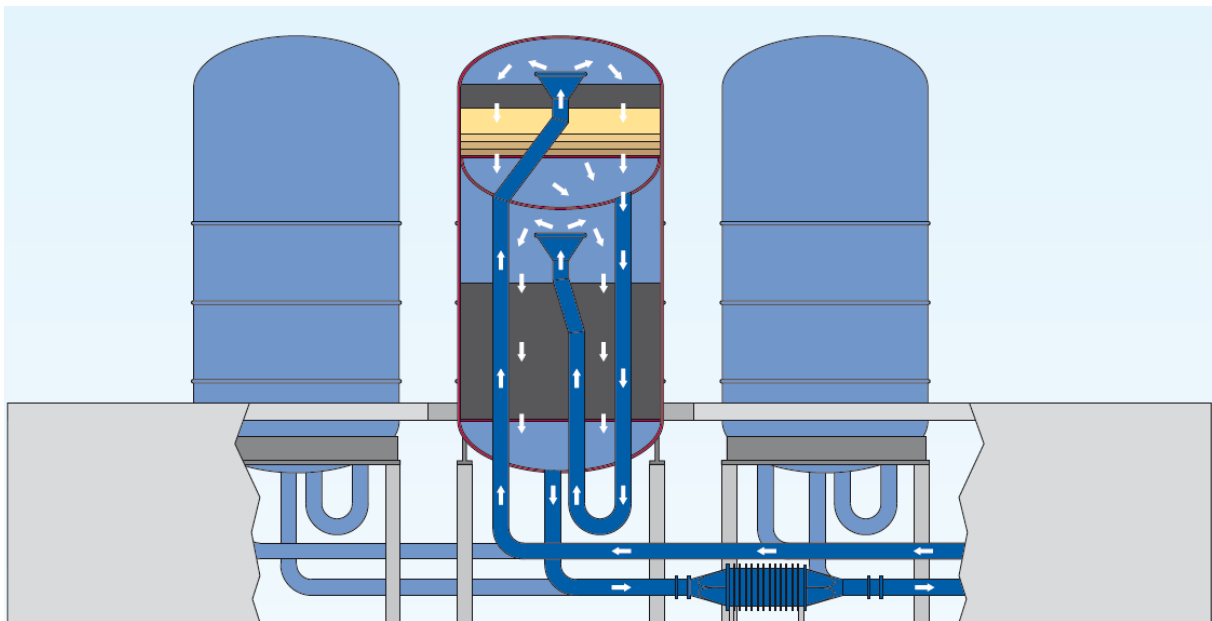
– Sauerstoffdosierung

Bei Bedarf kann vor der Filteranlage Sauerstoff dem Wasser zudosiert werden. Insbesondere bei höheren Temperaturen und großem Angebot an Nährstoffen benötigen die in den nachfolgenden Aufbereitungsstufen lebenden Mikroorganismen für die biologischen Oxidations- und Abbauvorgänge vermehrt Sauerstoff. Anaerobe Prozesse, die bei dieser Prozessabfolge unerwünscht sind, können somit wirksam unterbunden werden.

– Mehrschichtfiltration

Das Wasser wird zuerst über Mehrschichtfilter geführt. Es durchströmt in großen Stahlzylindern von oben nach unten zunächst eine Lage aus Hydroanthrazit, die vorrangig Restozon aus der vorhergehenden Stufe abbaut, dann eine Sand- und Kiesschicht (Grafik unten).

Die Mehrschichtfilter dienen neben der Entfernung des Restozons vor allem der Partikelabscheidung, um klares, trübstofffreies Wasser zu erzeugen. Zu den Partikeln, die abgeschieden werden, zählen auch Bakterien und die Dauerformen der Parasiten (zum Beispiel Oocysten), die überwiegend als partikuläre Substanz vorliegen oder den Partikeln anhaften. Eine weitere, sehr wichtige Funktion der Mehrschichtfilter ist es, im tieferen Bettbereich, wo das Wasser nach der Passage durch die Aktivkohleschicht nun ozonfrei ist, als Träger für Mikroorganismen zu dienen und damit den mikrobiellen Abbau anorganischer und organischer Verbindungen zu ermöglichen (zum Beispiel Nitrifikationsprozess).



Grafik: Wasserströmung am Beispiel der Doppelstockfilteranlage im Wasserwerk Styrum/Ost (oben Mehrschichtfilter und unten Aktivkohlefilter)

– Aktivkohlefilter

Nach den Mehrschichtfiltern durchströmt das Wasser die Aktivkohlefilter. Diese haben vor allem die Aufgabe, bei dem nunmehr trübstofffreien Wasser durch Adsorption an der großen inneren Oberfläche der aktivierten Kohle u. a. schwer abbaubare gelöste organische Stoffe adsorptiv zu binden und diese damit aus dem Wasser zu entfernen (zum Beispiel Pflanzenbehandlungsmittel, Arzneimittelnrückstände).

Zusätzlich siedeln sich auf der Aktivkohle als Trägermaterial natürlicherweise Mikroorganismen an, die durch Beseitigung gelöster abbaubarer und adsorptiv vorliegender Verbindungen auch im Zusammenhang mit der Ozonvorbehandlung für eine weitere Verbesserung der biologischen Stabilität des Wassers sorgen.

– **Untergrundpassage**

Das Wasser wird nach dieser intensiven Vorbehandlung abschließend der künstlichen Grundwasseranreicherung zugeführt. Mittels Sickerschlitzgräben und/oder Schluckbrunnen wird das Wasser hierbei in den Grundwasserleiter des Ruhrtales infiltriert und nach der Bodenpassage durch ein System von Heberbrunnen oder horizontale Sammelstollen wiedergewonnen. Durch die hydraulische Kapselung der Wassergewinnung mittels unterirdisch errichteter vertikaler Dichtwände wird das Eindringen von Ruhrerfiltrat und landseitigem Grundwasser verhindert. Die Untergrundpassage verbessert als großer Bioreaktor durch weiteren Abbau gelöster organischer Verbindungen ("Nachschönungsstufe") die Sicherheit gegen Schad- und Störstoffe, wirkt ausgleichend auf Temperatur- und Konzentrationsschwankungen und ermöglicht als Massenspeicher die Aufbereitungsanlagen mit gleichmäßigem Durchsatz zu fahren, so dass bei Bedarfsspitzen zwischengespeichertes Trinkwasser aus dem Untergrundspeicher entnommen werden kann.

– **pH-Wert-Korrektur**

Durch den Abbau gelöster organischer Verbindungen entsteht letztlich Kohlendioxid bzw. Kohlensäure, wodurch der pH-Wert des Wassers leicht absinkt. Zur Einstellung des Kalk-/Kohlensäure-Gleichgewichtes ist daher nach den Vorgaben der TrinkwV eine Anhebung des pH-Wertes notwendig, die durch Zugabe von Natriumhydroxid (Natronlauge) erfolgt. Hierdurch wird der Korrosion im Leitungsnetz und in den Hausinstallationen wirkungsvoll vorgebeugt.

– **Desinfektion**

Am Ende wird eine UV-Desinfektion (Bild unten) vorgenommen, um nach Aufbereitung des Wassers die mikrobiologisch einwandfreie Beschaffenheit am Wasserwerksausgang zu gewährleisten.



Bild: Blick auf einen UV-Strahler im Wasserwerk Styrum/Ost

– Maschinenhaus (Pumpstation)

Nach der abschließenden Sicherheitsdesinfektion wird das fertig aufbereitete Wasser als Trinkwasser in das RWW-Versorgungsnetz mittels Förder- bzw. Kreispumpen eingespeist. Es existieren unterschiedliche Druckzonen, wobei es drehzahlgeregelte Pumpen gibt, die eine Abstufung der Fördermengen entsprechend dem Bedarf an Trinkwasser im Versorgungsnetz zulässt.

4.1 Variante 1 des Mülheimer Verfahrens mit Voraufbereitung und abschließender Untergrundpassage

– Wasserwerk Styrum/West

Das Wasserwerk Styrum/West (Bild unten) in Mülheim ist das letzte produzierende Wasserwerk an der unteren Ruhr, bevor die Ruhr bei Duisburg in den Rhein mündet. Zum Schutz der Aufbereitungs- und Förderanlagen existieren hier Hochwasserschutzdeiche (Rückstau der Ruhr bei extremen Rheinhochwässern).

Der Aufbereitungsprozess im Werk Styrum/West wird nach dem Vorbild des ehemaligen Werkes Mülheim-Dohne praktiziert.

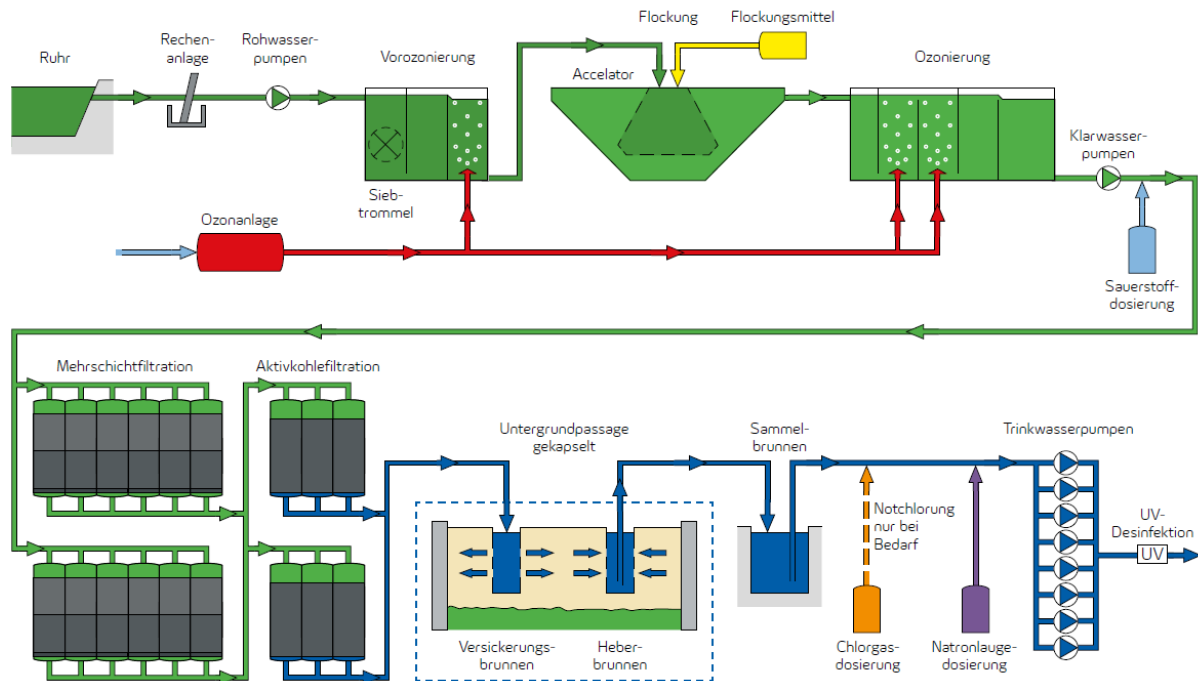


Luftbild des Wasserwerkes Styrum/West (Foto Hans Blossey)

Nach der Entnahme des Ruhrwassers erfolgt zunächst die Abscheidung von Schwemmgut und Grobpartikeln über eine Rechenanlage am Einlaufbauwerk sowie über eine Siebtrommelanlage in der Vorozonung. Danach gelangt es dann in die Flockungsanlage vom Typ Accelator, wo auch die Flockungshilfsmittel zudosiert werden. Das Klarwasser aus dem Accelator fließt anschließend in die Hauptozonung und in die sich daran anschließenden Mehrschicht- und Aktivkohlefilteranlagen. Überschüssiges Ozon aus der Ozonkammerabluft wird über den Ozonvernichter abgebaut. Die Restozonkonzentration nach der Ozonung wird als Überwachungs- und Steuerungsparameter genutzt.

Zur abschließenden Untergrundpassage durchläuft das vollaufbereitete Flusswasser in der Wassergewinnung Styrum/West links und rechts der Ruhr zwei vollständig mit unterirdisch

verlegten vertikalen Dichtwänden umschlossene Teilbereiche. Das Trinkwasser erfährt vor Einspeisung ins Verteilnetz eine Entsäuerung mittels einer Natronlagedosierung sowie eine abschließende UV-Desinfektion. Im Bedarfsfall (zum Beispiel bei Ausfall der UV-Anlage, Hochwasserereignisse) ist eine Zudosierung von Chlorgas möglich.



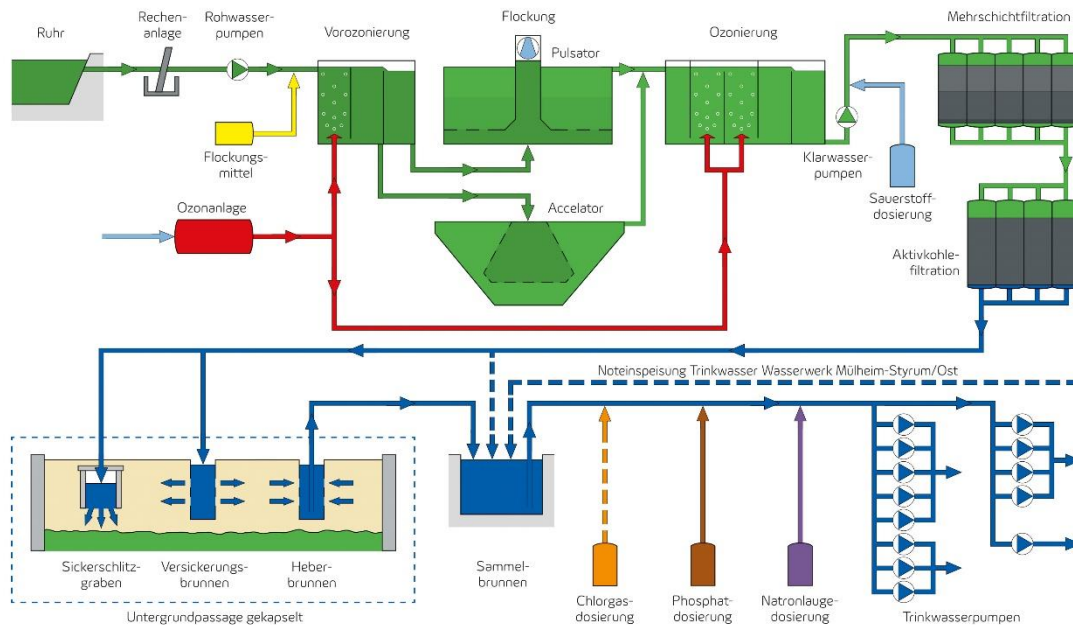
Aufbereitungsschema Wasserwerk Styrum/West

– Wasserwerk Essen-Kettwig

Das zweite Ruhrwasserwerk der RWW, das nach dem Vorbild des Werkes Dohne aufbereitungstechnisch arbeitet, ist das Wasserwerk in Essen-Kettwig.

Auch hier ist auf einige graduelle Unterschiede in der Anlagentechnik im Vergleich zum Werk Styrum/West hinzuweisen.

Das Kettwiger Werk, das unterhalb des Kettwiger Stausees liegt und aus diesen sein Rohwasser über eine Freispiegelleitung mit einer Grobrechenanlage bezieht, verfügt in der ersten Aufbereitungsstufe nach einer Vorozonung und Dosierung von Flockungsmitteln über zwei im Parallelbetrieb arbeitende Flockertypen, die aufgrund von zeitlich nacheinander liegenden Kapazitätserweiterungen des Werkes entstanden sind. Zum einen handelt es sich um den Flocker vom Typ "Accelerator", zum anderen um den Flocker vom Typ "Super-Pulsator". Nach der Flockung gelangt das Klarwasser in die Ozonung und daran anschließend in die Mehrschicht- und Aktivkohlefiltration, bevor das dann fertig aufbereitete Wasser der Untergrundpassage zugeführt wird.



Aufbereitungsschema Wasserwerk Essen-Kettwig

Erstmalig wurden bei einem Ruhrwasserwerk großflächig angelegte Sickerschlitzgräben zur abschließenden Grundwasseranreicherung verwendet. Dank dieser neuartigen Technologie und besonderen Anordnung der Wasserinfiltration, die durch unterirdisch verlegte vertikale Dichtwände ergänzt wird, ist auch im Kettwiger Wasserwerk eine hydraulisch gekapselte Untergrundpassage realisiert.

4.2 Variante 2 des Mülheimer Verfahrens mit Langsandsandfiltration/Untergrundpassage und anschließender Nachaufbereitung

– Wasserwerk Mülheim-Styrum/Ost

Im größten und leistungsfähigsten Ruhrwasserwerk der RWW, in Mülheim-Styrum gelegen und als Wasserwerk Styrum/Ost bezeichnet, ist das Mülheimer Verfahren aus historischen Gründen in einer anderen Verfahrensvariante als in den übrigen Werken Styrum/West und Essen-Kettwig realisiert.

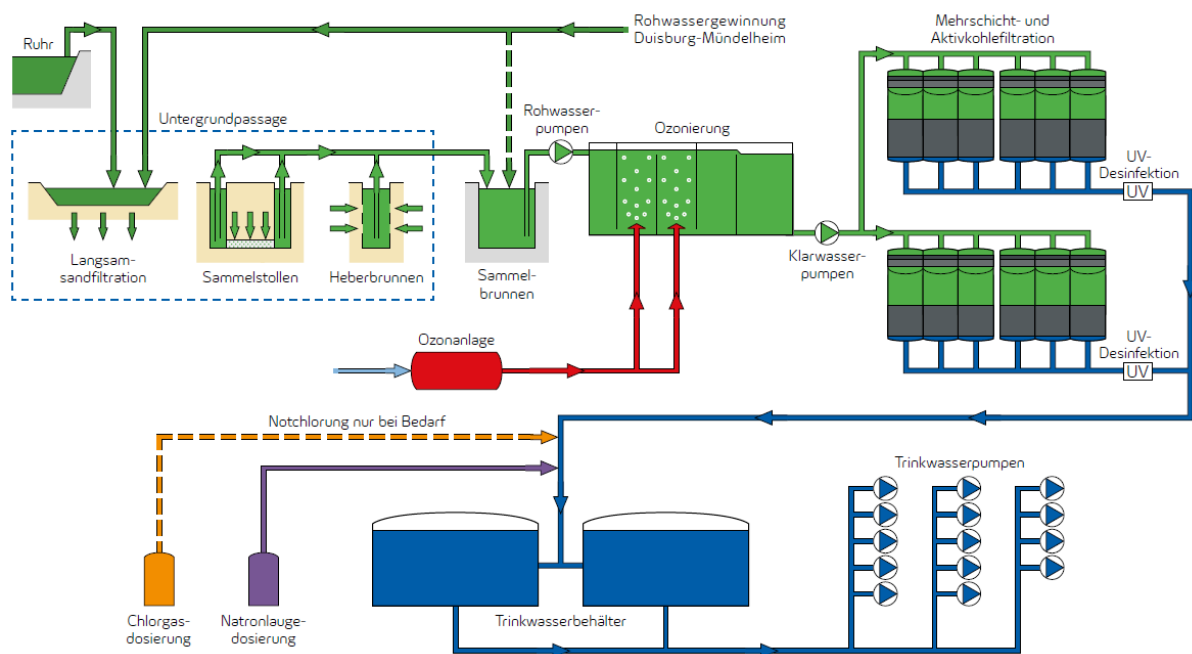
Bis zum Ende der 1970er Jahre wurde in diesem Werk Flusswasser ausschließlich in der für die Ruhr "klassischen" Methode zu Trinkwasser aufbereitet. Über große innerhalb der Flussaue gelegene Langsandsandfilterbecken wurde Ruhrwasser zur Grundwasseranreicherung versickert und bei diesem Infiltrationsprozess einer mechanischen und teilbiologischen Reinigung zugeführt. Nach der Rückgewinnung über Heber- und Sammelbrunnen wurde bis zu diesem Zeitpunkt das Wasser lediglich mit einer Desinfektion durch Chlorzugabe versehen und als Trinkwasser ins Netz eingespeist.

Es war nahe liegend, die bewährte Technologie der Langsandsandfiltration als Wasserbehandlungsstufe nach der erfolgreichen Entwicklung des Mülheimer Verfahrens beizubehalten und die typischen neuen Elemente ergänzend zu diesem Prozess nach der Langsandsandfiltration hinzuzufügen.



Schnitt durch die Wassergewinnung mit der Langsamsandfiltration im Wasserwerk Styrum/Ost

Ab 1981 wurde eine Ozonung nach der Bodenpassage ergänzt (nächste Grafik) und danach das Wasser über biologisch aktive Mehrschicht- und Aktivkohlefilter bis zur Trinkwasserqualität aufbereitet.



Aufbereitungsschema Wasserwerk Styrum/Ost

Eine Besonderheit ist hier die Bauweise der Filteranlage, da die Mehrschicht- und Aktivkohlefilter übereinander gebaut wurden, um Pumpenergie zu sparen, so dass das Wasser zunächst den oben gelegenen Mehrschichtfilter durchlaufen muss und anschließend erst den Aktivkohlefilter durchströmt. Die Aktivkohle besteht aus einer granulierten Kornkohle, die wie auch in den übrigen RWW-Ruhrwasserwerken regelmäßig nach etwa zwei Jahren reaktiviert werden muss, um die hohe Adsorptionsleistung der Aktivkohle langfristig zu erhalten.

Bis Anfang 2003 wurde abschließend eine Desinfektion mit Chlor durchgeführt. Danach ist die UV-Entkeimung erfolgreich eingeführt worden. Bei diesem physikalischen Prozess wird durch

UV-Strahlen vornehmlich der Wellenlänge von 254 Nanometer (nm) und einer Mindestbestrahlungsstärke von 400 Joule pro Quadratmeter (J/m^2) sichergestellt, dass das im Zellkern von Mikroorganismen vorhandene Erbgut so nachhaltig geschädigt wird, dass eine biogene Reparatur und eine Vermehrung der Organismen unmöglich sind. Eine Eliminierungsrate von mindestens vier Logstufen ist auf diese Weise sichergestellt.

Die chemikalienfreie UV-Desinfektion hat den Vorteil, dass keine hygienisch bedenklichen Substanzen wie zum Beispiel Trihalogenmethane durch Reaktion von Chlor mit organischen Verbindungen entstehen können und auch geruchliche und geschmackliche Beeinträchtigungen des Trinkwassers unterbunden werden. Aber auch hier besteht die Möglichkeit, im Notfall zum Beispiel bei Ausfall der UV-Anlage, Chlorgas zur Sicherheitsdesinfektion nach wie vor einzusetzen.

Folglich unterscheidet sich diese Verfahrensvariante des Mülheimer Verfahrens von der ersten Variante insbesondere durch die Anordnung der Untergrundpassage und Grundwasseranreicherung, die im vorliegenden Fall am Anfang des Prozesses, in den anderen Fällen am Ende des Prozesses steht. Weiterhin entfällt im Werk Styrum/Ost die Flockungsstufe, da die Trübstoffe der Ruhr (Sedimentpartikel, Algen etc.) hier auf der Oberfläche der Langsamsandfilter sedimentieren und zurückgehalten werden. Das zurückgewonnene Bodenfiltrat nach der Untergrundpassage ist weitgehend trübstofffrei und kann daher direkt in die Hauptozonung eingespeist werden. Allerdings müssen die sich auf der Oberfläche der Langsamsandfilter angesammelten Trübstoffe regelmäßig mit Spezialmaschinen abgeschält werden und der Schmutzsand in einer Sandwäsche gereinigt werden. Anschließend wird der dann saubere Filtersand wieder in die Filterbecken eingebaut.

4.3 Nutzung von Rheinuferfiltrat der Wassergewinnungsanlage Duisburg-Mündelheim

Die Gewinnung von Uferfiltrat zur Trinkwassererzeugung hat am Rhein (Bild 19) eine lange Tradition und ist noch heute "Standardverfahren" und Basis der Wasserversorgung vieler am Rhein gelegener Kommunen und Städte in Nordrhein-Westfalen. Auch RWW nutzt diese Ressource als weiteres Standbein für ihre Wasserversorgung und zwar in der Wassergewinnungsanlage Duisburg-Mündelheim, die in den Kriegsjahren 1939 bis 1941 im Süden der Stadt Duisburg im sogenannten Mündelheimer Rheinbogen errichtet wurde. Sie diente im Krieg zunächst vorrangig der Versorgung der Rüstungsindustrie im Mülheimer und Oberhausener Raum, wofür eine 20 km lange Transportleitung der Dimension DN 1.000 von Mündelheim nach Mülheim verlegt wurde.

Nach dem Krieg wurde das Mündelheimer Wasserwerk hauptsächlich zur Wasserversorgung der Industrie herangezogen. Das geförderte Wasser wurde lediglich mit einer Sicherheitsdesinfektion mittels Chlordioxid versehen. Heute wird das uferfiltrierte Rohwasser zur Wasseraufbereitungsanlage des Werkes Styrum/Ost gepumpt und dort entweder in die Langsamsandfiltration oder in die Sammelbrunnen vor der Aufbereitung nach dem Mülheimer Verfahren eingespeist.

Bei dem Mündelheimer Rheinbogen handelt es sich um eine vom Rheinwasser durchflossene Rheinschlinge, so dass das dem Werk Mündelheim zufließende Rohwasser nahezu vollständig aus unmittelbar uferfiltriertem Rheinwasser (nördlicher Anstrom) bzw. aus landseitigem Grundwasser (südlicher Anstrom) besteht, wobei letzteres ebenfalls aus Rheinwasser gespeist wird, was vor einigen Jahren als Uferfiltrat in den Mündelheimer Rheinbogen infiltriert ist. Echtes Grundwasser aus dem Hinterland fließt nur zu einem sehr geringen Anteil den Fassungsanlagen

des Werkes Mündelheim zu. Die Rohwasserqualität des Werkes Mündelheim wird damit ganz wesentlich von der Rheinwasserqualität geprägt.

Im Gegensatz zum engen Ruhrtal herrschen am Standort des Werkes Mündelheim deutlich günstigere hydrogeologische Bedingungen für eine Rohwasserförderung vor. Die sandig-kiesigen Lockersedimente des Rheintales bilden dabei einen idealen porösen Grundwasserleiter mit günstigen Filtereigenschaften in der Untergrundpassage.

Obwohl die Brunnengalerien des Werkes Mündelheim mit einer durchschnittlichen Tiefe der Vertikalbrunnen von 15 Metern sehr rheinnah gelegen sind, zeigt die Rohwasserqualität des Werkes die typischen Merkmale aller Rheinwasserwerke, nämlich einen weitgehenden Konzentrationsausgleich unabhängig von Schwankungen und Belastungsspitzen der Rheinwasserqualität. Verursacht wird dieser Ausgleich durch folgende Effekte:

- Vermischung von unterschiedlich alten infiltrierten Rheinwässern (= breiter Infiltrationsbereich) an der Rheinsohle.
- Verschiedene Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters bedingen in der Untergrundpassage unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten und Verweilzeiten.
- Dispersionseffekte in der Bodenpassage.
- Adsorptions- und Assimilationsvorgänge in der Bodenpassage mit einem guten Abbau der biologisch abbaubaren Substanzen.
- Selbstreinigungseffekte innerhalb der Kolmationsschicht an der Gewässersohle des Rheines analog der Wirkung eines sich ständig selbst reinigenden Langsandsfilters.

Das Uferfiltrat ist nach der Untergrundpassage weitgehend klar. RWW hat so die günstige Voraussetzung, im Wasserwerk Styrum/Ost zwei voneinander unabhängige Rohwasserressourcen zu nutzen, um das Wasser anschließend nach dem Mülheimer Verfahren aufzubereiten.