

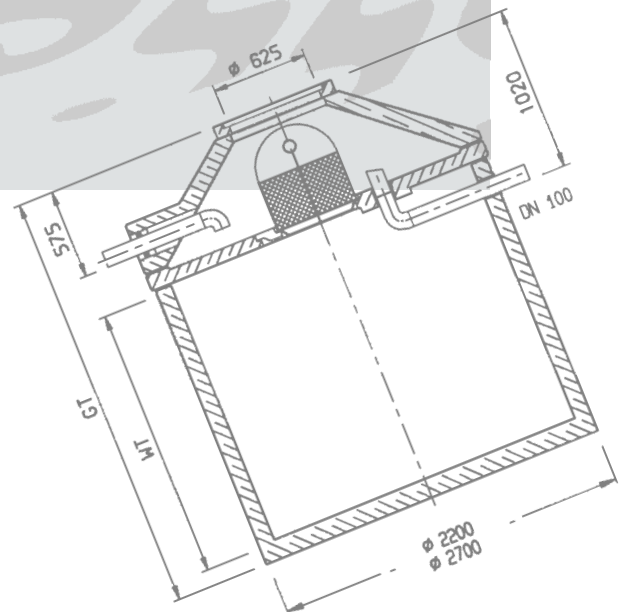
*Auszug aus:
Ökologie aktuell
Regenwassernutzung von A - Z
Klaus W. König*

*Teil 1: Geschichtlicher Rückblick:
Regenwassernutzung hat Tradition*

*Teil 2: Planung einer modernen
Regenwassernutzungsanlage*

*Teil 3: Aktionen einzelner Gemeinden
und Länder, besondere Projekte*

Regen wasser nutzung



*Ein Handbuch
für Planer,
Handwerker
und Bauherren*

Inhaltsverzeichnis

Aktualisierter Auszug aus:

Regenwassernutzung von A – Z

Ein Anwenderhandbuch für Planer, Handwerker und Bauherrn

Autor: Klaus Werner König

Herausgeber: Mall GmbH, DS-Pföhren

Stand 2008

GESCHICHTLICHER RÜCKBLICK

Regenwassernutzung hat Tradition

1.0	Deutschland im Mittelalter	10
2.0	Antike und Römisches Reich	10
2.1	Pergamon - das Zisternensystem des Burgberges	11
2.1.1	Bauart der Zisternen	11
2.1.2	Wasserwirtschaftliche Bedeutung	12
2.1.3	Die Astynomeninschrift	12
2.2	Masada	13
2.3	Größte Einzelzisterne der Welt in Konstantinopel	14
3.0	Regenwasserreinigung durch Sandfilter	15
	Literaturverzeichnis	17
	Abbildungsverzeichnis	17

GESCHICHTLICHER RÜCKBLICK



Abb. 1

Felsmassiv Masada von Nordwesten mit den beiden Zisternengruppen 80 m und 40 m unterhalb des Gipfelplateaus. Auf dem Plateau der Komplex der Vorrathäuser und vorgelagert der nördliche Palast.

Regenwassernutzung hat Tradition

*Regenwasser
zusammen mit
Quellwasser
als höchste
Qualitätsstufe*

1.0 Deutschland im Mittelalter

Schon früh war es bekannt, und berühmte Autoren des Mittelalters schrieben davon, dass man bei der Beschaffung von Trinkwasser sehr wohl auf die Qualität zu achten habe: Regen- und rasch fließendes Wasser galten als das Beste, Brunnenwasser war weniger gut, und stehendes Wasser gar hielt man für ungeeignet. Lit. (19).

Diese Rangordnung hat ihre Ursache darin, dass in den zurückliegenden Jahrhunderten eine unzureichende Abwasserbeseitigung immer wieder die Oberflächengewässer beeinträchtigt hat, auch Brunnen waren gelegentlich betroffen: In Stuttgart kam der Metzlerbrunnen in der Rosenstraße ins Gerede; 1572 wurde z.B. notiert, es sei mehrmals Unrat hineingeschüttet worden. Am 15. August 1645 schrieb Herzog Eberhard an den Vogt in Stuttgart, er habe vernommen, „dass sich hier etliche kranke, ritzige und unsaubere Pferde befinden, was vornehmlich daher komme, dass die Brunnen zu unsauber gehalten werden würden.“

Noch 1850 hatte in Ulm der Stadtbaumeister Thrän zu beklagen, dass in den täglich vorkommenden Rohrbrüchen der Holzteuchel-Trinkwasser-Leitungen neben dem verfaulten Holz auch „Schmier und Jauche“ zu finden sei, offensichtlich aus Abtritten in der Nähe - also einsickerndes häusliches Abwasser. Lit. (19).

In anderen Kulturepochen, schon vor der Zeitenwende, waren die hygienischen Verhältnisse weitaus besser. Quellen wurden als Heiligtümer verehrt und gepflegt. Im Mittelmeer-Raum waren außerdem Kenntnisse zur richtigen Speicherung von Wasser vorhanden.

2.0 Antike und Römisches Reich

Blicken wir etwa 3000 Jahre zurück nach Kreta: Der Palast von Knossos, 1700 v.Chr., hatte archäologischen Ausgrabungen zufolge ein ausgereiftes System zum Sammeln und Bevorraten von Wasser.

Die Baumeister im nachfolgenden Römischen Reich haben jene Techniken zunehmend für normale Wohnhäuser angewandt: Im Atriumhof befanden sich offene Wasserbecken, gespeist durch das Regenwasser der Dächer. Der Überlauf dieser Becken mündete in Zisternen. Die Vorteile unterirdischer Zisternen waren bereits damals offensichtlich: Es konnte eine größere Wassermenge kühl und ohne Verdunstungsverlust gespeichert werden, außerdem war die Vorratsmenge im Gegensatz zum oberirdischen Becken gegen Verschmutzung besser geschützt.

Zunächst war die Speicherung der Niederschlagsmengen mit kleinen Anlagen bei jedem Wohnhaus ein insgesamt dezentrales System, der Einzelne war somit unabhängig. Steigender Wasserverbrauch und verdichtete Bebauung begünstigten allerdings die Entwicklung zentraler Versorgungseinrichtungen. Aus Quellen führten Kanäle und Rohre fortan kontinuierlich die erforderlichen großen Wassermengen in Siedlungen und Städte - eine vergleichbare Entwicklung hat bei uns erst in den letzten beiden Jahrhunderten stattgefunden.

2.1 Pergamon - das Zisternensystem des Burgberges

Die Stadt Pergamon im westlichen Kleinasien war zeitweise das Zentrum hellenistischer Kunst und Wissenschaft. Sie war in der kriegerischen Zeit des 3. und 2. Jhdts. v. Chr. immer Festung oder befestigte Stadt gewesen. Nun hängen Wert und Stärke von Festungen nicht von den militärischen Anlagen alleine ab, sondern auch von der Fähigkeit, Belagerungen über längere Zeit hinweg zu überstehen; d.h. von ihrem Vermögen, die Eingeschlossenen zu ernähren und mit Wasser zu versorgen.

Man ging zur Sicherstellung der Wasserversorgung in kriegerischer Zeit, wenn der Zugang zu den Quellen und Brunnen der Umgebung abgeschnitten war, den Weg, Niederschläge von den Dächern und Plätzen in eine große Zahl kleinerer und mittlerer Fels-Zisternen zu leiten und zu speichern.

Im Bereich der fast völlig ausgegrabenen Königsstadt in den Gipfellagen des Burgberges wurden auf einer Fläche von 8 ha insgesamt 80 Zisternen gefunden. In der Wohnstadt auf den mittleren Hängen des Burgberges hat sich bei weiteren Grabungen eine noch größere Dichte der Zisternen ergeben. Insgesamt sind heute in der Königsstadt und in den bisher ausgegrabenen Wohngebieten 107 Zisternen bekannt. Ihr Volumen liegt zwischen 10 und 130 m³, im Mittel 40-50 m³. Die meisten Zisternen liegen innerhalb von Gebäuden, im allgemeinen von Wohnhäusern. Daneben scheint es auch öffentliche Zisternen in der Art von Brunnenhäusern an der Hauptstraße gegeben zu haben. Der überwiegende Teil der Zisternen ist wohl vor dem 2. Jhd. v. Chr. entstanden, d.h. vor dem Bau der hellenistischen Wasserzuleitungen zur Stadt aus dem nördlich angrenzenden Gebirge.

2.1.1 Bauart der Zisternen

Die Zisternen in Pergamon sind, mit Ausnahme von zwei zylindrisch gemauerten Zisternen, birnenförmig und meist recht unregelmäßig aus dem Felsen des Burgberges herausgeschlagen; siehe Abb. 2. Der enge Zisternenhals ist mit Steinplatten oder Steinbalken derart abgedeckt, dass runde oder quadratische Öffnungen entstehen, auf die zuweilen noch runde Abschlusssteine aufgesetzt waren.

Die Gesteinsart des Burgbergmassives, Andesit, ist von vielen natürlichen Spalten und Rissen durchzogen. Aus diesem Grunde waren fast alle Zisternen mit Kalk-Tuff-Mörtel, Ziegelsplitt-Mörtel oder Ziegelmehl-Mörtel abgedichtet. Der Wasserlauf zu den Zisternen floss meist durch Tonrohre von den Dächern der umstehenden Gebäude. Es gab auch Verbindungen zwischen einzelnen Zisternen in Form von Überläufen oder unterirdischen Felsgängen. Die Entnahme des Wassers erfolgte durch Schöpfen mit Krügen.

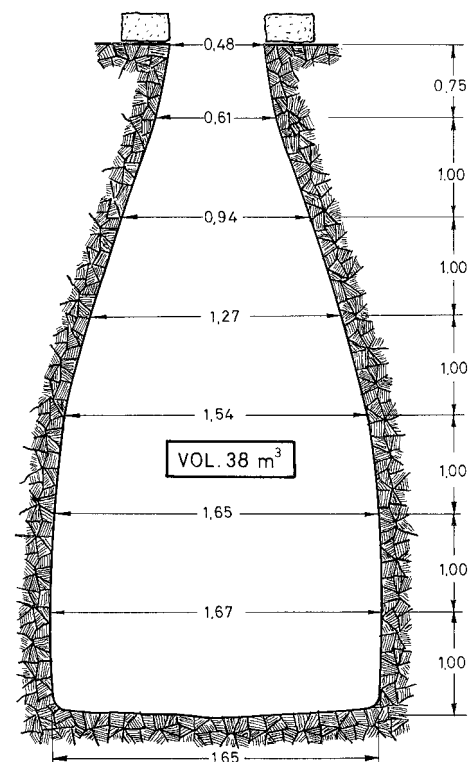


Abb. 2

Typischer Querschnitt einer Felszisterne auf dem Burgberg Pergamon

2.1.2 Wasserwirtschaftliche Bedeutung

Nach Schätzungen von Archäologen und Historikern hatte Pergamon zur Zeit Eumenes eine Einwohnerzahl zwischen 20.000 und 40.000. Diese Annahme lässt sich bestätigen durch folgende wasserwirtschaftliche Rechnung:

*Unabhängig
durch
Regenwasser-
reserven*

Im Falle einer Belagerung der Stadt, wenn die Quellen und Brunnen außerhalb der Stadtmauern nicht zugänglich und die Zuleitungen aus dem Gebirge abgeschnitten waren, stand für die Trinkwasserversorgung nur das in den Zisternen gespeicherte Wasser zur Verfügung. Es wurden 10-15 Zisternen je Hektar der Stadtfläche ermittelt. Die Stadt hatte zu jener Zeit eine Gesamtfläche von ca. 90 ha. Das mittlere Volumen der Zisternen betrug etwa 45 m³. Auf dieser Grundlage ergibt sich, dass bei einer vernünftigen Bewirtschaftung der Zisternen und einem unter den Notbedingungen eines Krieges stark eingeschränkten Verbrauch von 10 Liter je Einwohner und Tag hier eine Bevölkerung von 20.000 bis 25.000 Menschen die Belagerung über ein Jahr hinweg hätte überstehen können.

Auch später in römischer Zeit, als die offene Stadt bis zu 160.000 Einwohner zählte und durch große Zuleitungen von außerhalb reichlich mit frischem Wasser versorgt wurde, ist das System der Zisternen erhalten geblieben und sorgfältig gepflegt worden.

2.1.3 Die Astynomeninschrift

Diese in Stein gehauene Inschrift eines königlichen Gesetzes aus dem 2. Jhdt. v. Chr. beschreibt die Verwaltungsaufgaben der Astynomen. Sie waren städtische Ordnungshüter, die mit der Überwachung von Häusern, Plätzen, Straßen, Mauern, Quellen, Brunnen und Häfen betraut waren.

Die nachfolgende Verordnung ist ein Teil der Inschrift von Pergamon, die im Archäologischen Museum in Bergama aufbewahrt wird:

„Zisternen - Die zur Zeit im Amt befindlichen Astynomen sollen die in den Häusern vorhandenen Zisternen schriftlich erfassen und im Monat Pantheons die Liste bei den Strategen einreichen und dafür sorgen, dass die Eigentümer sie in wasserdichtem Zustand halten und keine von den vorhandenen zugeschüttet wird. Widrigenfalls aber sollen sie die, die gegen diese Anordnung verstoßen, für jede Zisterne mit hundert Drachmen bestrafen, die Strafe von ihnen Beitreiben und sie zur Ausräumung zwingen. Und wenn einige Zisternen aber schon früher zugeschüttet sind, sollen Sie den Eigentümern anbefehlen, die Ausräumung innerhalb von acht Monaten vorzunehmen. Tun diese es aber nicht, sollen sie auch von diesen dieselbe Strafsumme Eintreiben und sie zur Ausräumung zwingen. Die eingehenden Beträge der Strafgeelder sollen von Monat zu Monat dem Tamiai abgeliefert werden und für die Säuberung und Ausbesserung der Zisternen zur Verfügung stehen, für etwas anderes aber darf nichts verwendet werden. Alle Besitzer von Zisternen aber, die sie nicht wasserdicht machen und dadurch die Nachbarn schädigen, sollen die Astynomen durch Strafmaßnahmen dazu zwingen, und wenn deswegen irgendwelche Strafsummen verhängt werden, sollen sie die Astynomen Eintreiben und den Geschädigten Aushändigen. Von allen Astynomen aber, die die auf sie entfallende Liste der Zisternen nicht in das Archiv einreichen oder nicht so verfahren, wie es das Gesetz anordnet, sollen die Nomophylakes hundert Drachmen Eintreiben und denselben Einkünften zuführen.“

*Zisternenpflege
gesetzlich
verordnet*

Die Tatsache, dass dieses hellenistische Gesetz 250 Jahre später in der römischen Kaiserzeit noch einmal aufgezeichnet und auf der unteren

Agora von Pergamon aufgestellt wurde, zeigt die große Bedeutung, die dem alten Speichersystem der Zisternen auch in römischer Zeit noch beigemessen wurde. Vermutlich sollte erreicht werden, dass trotz zentraler Wasserversorgung durch Zuleitungen von entfernten Quellen für den Kriegsfall das altbewährte Zisternensystem zur Notversorgung erhalten bleibt (Abschnitte 2.1 bis 2.1.3 nach Garbrecht, Lit. 15).

2.2 Masada

Masada, ein gewaltiges Felsmassiv in der jüdischen Wüste, liegt westlich des Toten Meeres. Das Gipfelplateau mit 650 m Länge und 300 m Breite war als Festung und Palast ausgebaut, etwa 100 v. Chr. Um die gelegentlichen aber heftigen

Regen aufzufangen, wurde eine Reihe von Zisternen angelegt. Die beiden Größten haben ein Speichervolumen von 750 m³ bzw. 1.000 m³. Des weiteren wurde ein 18 x 13 m großes Schwimmbecken von 2,5 m Tiefe für die Versorgung der benachbarten Palast-Seitenflügel errichtet.

Herodes der Große als Statthalter der Römer, die das Land 68 v. Chr. erobert hatten, erweiterte die Wasserversorgungsanlagen beträchtlich. Das neue System nutzte zusätzlich das Phänomen der jahreszeitlichen Sturzfluten, die nach den

kurzen, heftigen Regenfällen im judäischen Bergland in den zahlreichen Trockentälern entstehen. Die kurzzeitigen Hochwasserabflüsse, die ein- oder zweimal im Jahr auftauchen können, wurden von den Baumeistern des Herodes in ein

gewaltiges, 12 Zisternen umfassendes Speichersystem geleitet. Von den Ableitungsdämmen, die zweifellos in den beiden Trockentälern bestanden haben müssen, sind keine Spuren mehr vorhanden.

Die Zisternen wurden aus dem Fels der nordwestlichen Flanke

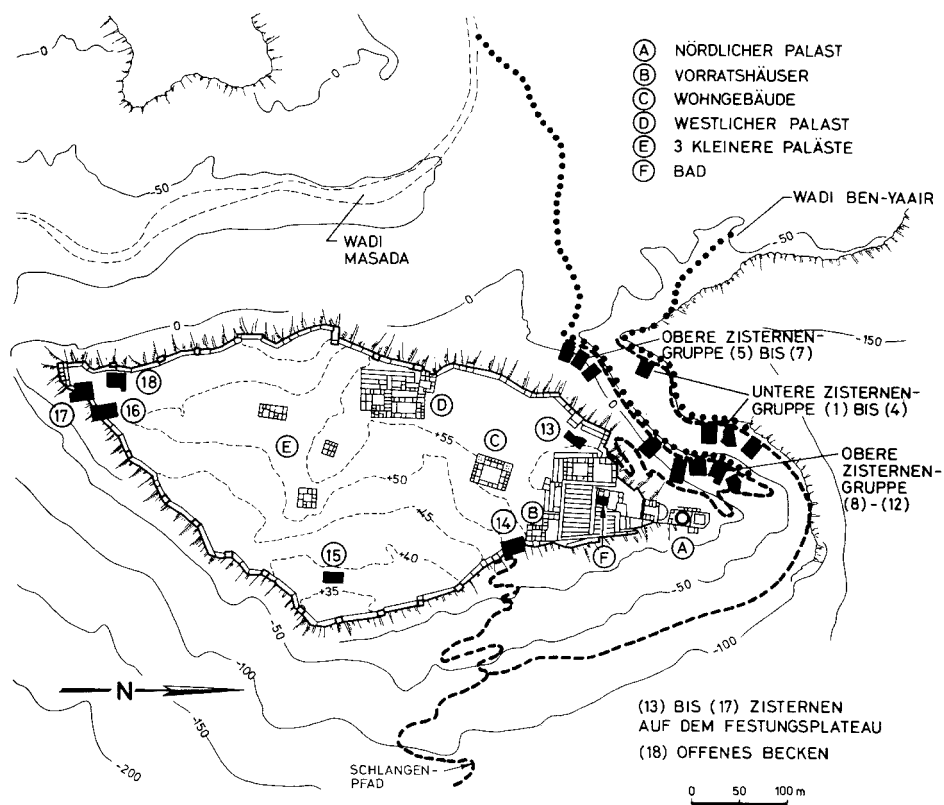


Abb. 3
Plan der
Festung Masada



Abb. 4
Zisterne ⑯
auf dem Plateau
(vgl. Abb. 3)

Abb. 5
Hasmonäische
Zisterne auf dem
Gipfelplateau
Masada



des Masada-
massives
herausgeschlagen,
siehe Abb. 1. Das
Dolomit-Gestein
ist zwar hart, aber
durch reichlich
vorhandene Risse
leicht bearbeitbar.
Die Wasserspei-
cher sind im
Grundriss meist
rechteckig; sie
waren mit einem
grauen hydraulischen
Mörtel aus
Kalk, Asche und
Sand verputzt.
Entlang einer der
Wände waren
jeweils breite
Treppen zur
Zisternensohle

angelegt. Sie dienten sowohl der Wasserentnahme als auch der Reinigung von Schlamm und Sand, die mit dem Hochwasser in die Zisternen getragen wurden. Der Wasserzulauf erfolgte in den meisten Fällen über eine kleine Einlaufkammer.

Das Wasserversorgungssystem von Masada ist einzig in seiner Art und seiner Größe. Insgesamt konnten 48.000 m³ gespeichert werden. Die Festung wurde nicht zuletzt dadurch zu einer der stärksten, die in römischer Zeit gebaut wurden (nach Ehud Netzer, Lit. 15).

2.3 Größte Einzelzisterne der Welt in Konstantinopel

Eindrucksvollstes Bauwerk auch in dieser Stadt: Die Trinkwasserversorgung mit ihren Konstruktionen. Um eine langwierige Belagerung überstehen zu können, waren ausreichende und unangreifbare Wasservorräte notwendig. Konstantinopel wandte das gleiche Prinzip an wie Jerusalem: Den Bau eines Netzes unterirdischer Zisternen innerhalb der Stadtmauern. Von den über 40 bekannten Speichern sind alle byzantinischer Herkunft. Die meisten dieser Vorratsbehälter, von denen noch heute viele existieren, waren ziemlich klein. Von den größeren unter ihnen gehen zwei auf die Regierungszeit Justinians im 6. Jhdt. zurück. Der eine auf der europäischen Seite des heutigen Istanbul mit 80.000 m³ Fassungsvermögen und einer Abmessung von 140 x 70 m Grundfläche ist die weltweit größte bekannte Zisterne: Yerebetan Sarayi. Der zweite dieser städtischen zentralen Regenwasserspeicher ist Binbirdik. Die Dächer beider Zisternen werden von wahren Säulenwäldern getragen, darunter Marmorsäulen mit schmuckvollen byzantinischen Kapitellen. Heutzutage außer Betrieb, ist eine Touristenattraktion daraus geworden. Es kann sich der mit dem Schiff durchfahrende Besucher des Eindrucks nicht erwehren, es handele sich um eine „unter Wasser stehende Kathedrale“, nicht um einen profanen Wasserspeicher.

3.0 Regenwasserreinigung durch Sandfilter

Nach dem Zerfall des römischen Reiches und seiner Baukultur wurde die Trinkwasserversorgung im europäischen Raum auf einen primitiven Stand zurückgeworfen, vgl. Abschnitt 1.0. Die katastrophalen hygienischen Zustände, vor allem in den schnell wachsenden Großstädten, führten erst allmählich wieder zur Schaffung öffentlicher Trinkwasserversorgungen, zunehmend unterstützt durch Aufbereitungs-Technik. Einfach und wirkungsvoll war lange Zeit die Filtrierung durch Sand:

Aus Venedig sind Beispiele belegt mit der vielleicht ältesten Bauart dieses Reinigungsprinzips. Eine mit wasserdichtem Ton ausgekleidete Baugrube wurde ganz mit Sand gefüllt, nachdem über dem Beckenmittelpunkt ein Brunnenschacht errichtet war. Der Zulauf erfolgte über einen ringförmig in den Sand eingegrabenen Kanal. Von diesem Kanal aus sickerte das Wasser langsam durch den feinen Filtersand zu dem aus Trockenmauerwerk bestehenden Entnahmeschacht. Nachteilig bei dieser Zisternenkonstruktion ist das geringe Nutzvolumen: Bei einem Porengehalt von 1:3 im Sand musste das Volumen der Zisterne ca. dreimal größer sein als der gewünschte Wasservorrat. Bis zur Einführung der zentralen Wasserversorgung im 19. Jhdt. verfügte Venedig historischen Angaben zufolge über 4500 solcher Zisternen, wovon jede dritte für Trinkwasserzwecke gedient haben soll.

In der amerikanischen Pionierzeit wurden unterirdische Wasserbehälter gebaut, in die das Regenwasser ohne vorherige Reinigung hineinfließt. In der Zisterne setzten sich die mechanischen Verunreinigungen durch Sedimentation ab. Bei diesem Bautyp können starke Regenfälle vollständig ohne Rückstau eingeleitet werden; dafür ist die Entnahmeleistung gering: Die Filtrierung erfolgt in einem Sandbehälter am Anfang der Saugleitung, noch in der Zisterne, mit entsprechend verlangsamtem Durchsatz.

Im 19. Jhdt. gab es in Istrien und Dalmatien spezialisierte Handwerker für den Zisternenbau. In den dortigen Karstgebieten wurden viele abgelegene Bahnwärterhäuser so mit Niederschlagswasser versorgt. Der hier vorgefundene Bautyp hat

einen vorgeschalteten Sandfilter im Zulauf, siehe Abb. 6 bis 8. Ergänzend gab es bald auch vorgeschaltete Grobfilterschächte mit Schotter gefüllt und für den Rückstau des zufließenden Wassers entsprechende Kammern.

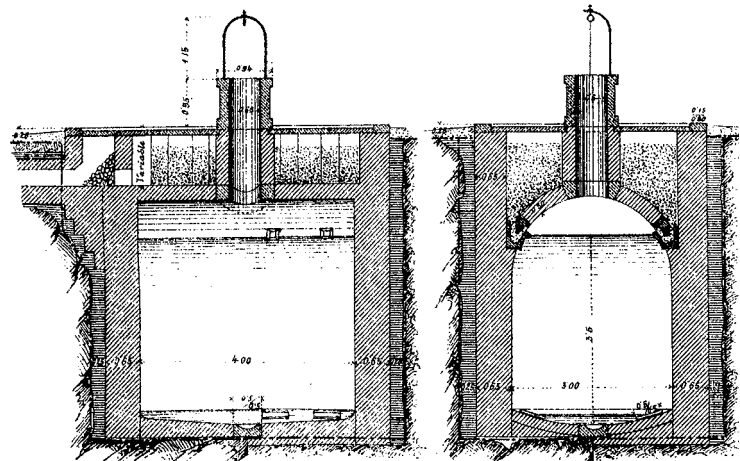


Abb. 6

Zisterne mit großflächigem Sandfilter über dem Gewölbe; Inhalt 40 m³ (FINETTI 1884)

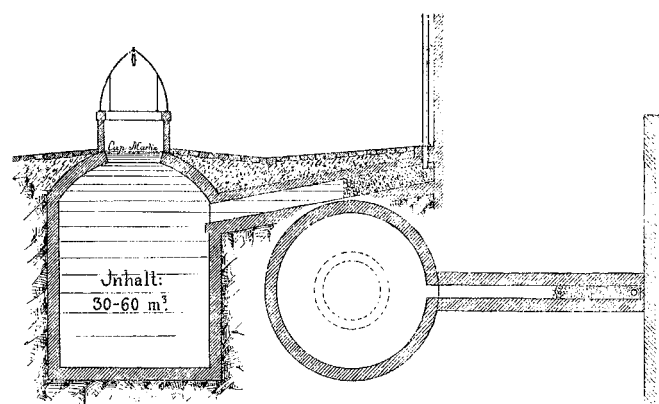
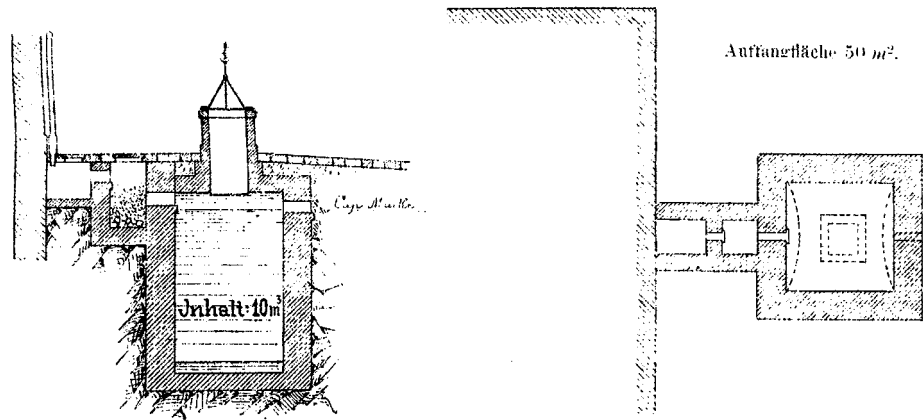


Abb. 7

Bahnwärterhaus-Zisterne an der Eisenbahnstrecke Laibach (Ljubljana) – Triest, Baujahr 1856, 62x gebaut; Filtrierung im Zulaufkanal (FINETTI 1884)

Abb. 8
 Bahnwärterhaus-
 Zisterne mit
 Sandfilter,
 Baujahr 1871-72,
 21x gebaut
 (FINETTI 1884)



Ein bis heute auf Helgoland gebräuchlicher unterirdischer Zisternentyp könnte als Mischform gesehen werden zwischen amerikanischer und jugoslawischer Zisterne: Eine 2-Kammer-Anlage. Im Zulaufschacht findet die Sedimentation statt, die Öffnung zum Entnahmeschacht am Zisternenboden ist mit einer Filterkammer kombiniert. Als Filtermaterial finden Sand bzw. Kies unterschiedlicher Körnung, evtl. auch Holzkohle Verwendung (siehe Abb. 9 und 10).

Abb. 9
 Zisterne mit zwei
 Kammern (nach
 SCHEMEL 1950)

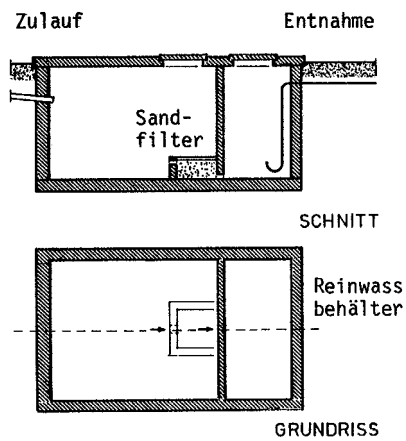
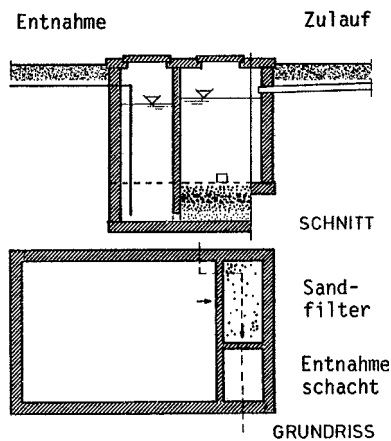


Abb. 10
 Zisterne mit Filter-
 kammer und
 Pumpenschacht
 (nach SCHEMEL
 1950)



Literaturverzeichnis

- (15) Garbrecht (u.a.): Die Wasserversorgung antiker Städte, Band 2. Mainz, Verlag Philipp von Zabern, 1987.
- (50) Schmidt, Hennich: Untersuchungen zur Regenwassernutzung in Wohnbauten. Dissertation Fachbereich Architektur, TU Braunschweig, 1986.

Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1	Quelle. Lit. (15), Ehud Netzer: Masada	9
Abb. 2	Quelle: Lit. (15), G. Garbrecht: Pergamon	11
Abb. 3 + 4	Quelle: Lit. (15), Ehud Netzer: Masada	13
Abb. 5	Foto: G. Garbrecht	14
Abb. 6 - 10	Quelle: Lit. (50), H. Schmidt: Systeme	15 - 16

Mall GmbH
Hüfingerring Straße 39-45
78166 Donaueschingen
Tel. +49 771 8005-0
Fax +49 771 8005-100

Mall GmbH
Grünweg 3
77716 Haslach i. K.
Tel. +49 7832 9757-0
Fax +49 7832 9757-290

Mall GmbH
Industriestraße 2
76275 Ettlingen
Tel. +49 7243 5923-0
Fax +49 7243 5923-500

Mall GmbH
Roßblauer Straße 70
06869 Coswig (Anhalt)
Tel. +49 34903 500-0
Fax +49 34903 500-600

Mall GmbH
Oststraße 7
48301 Nottuln
Tel. +49 2502 22890-0
Fax +49 2502 22890-800

info@mall.info
www.mall.info