DWA-
Topics

Treatment Steps For Water Reuse

May 2008

Treatment Steps For Water Reuse

مراحل معالجة المياه العادمة
بهدف إعادة الاستخدام

以水的再利用为目标的污水处理工艺评估

printed and digital

Aufbereitungsstufen für die Wasserwiederverwendung

Niveaux de traitement pour le recyclage de l'eau

مراحل فرآیندی تصفیه فاضلاب برای
استفاده مجدد

digital only

Publisher/Marketing:
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
German Association for Water, Wastewater and Waste
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef · Germany
Tel.: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: kundenzentrum@dwa.de · Internet: www.dwa.de

Translation of text from German to Arabic and French was funded by the German Government through the German Technical Cooperation Programme "Regional Cooperation with ESCWA in the Water Sector in Near East/North Africa" implemented by Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) on behalf of Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ).

Translation of text from German to Farsi was funded by the Emscher Gesellschaft für Wassertechnik mbH, Essen, Germany.

The German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA) is intensively involved with the development of reliable and sustainable water management. Being a politically and economically independent organisation it operates specifically in the areas of water management, wastewater, waste and soil protection.

In Europe the DWA is the association in this field with the greatest number of members and, due to its specialist competence it holds a special position with regard to standardisation, professional training and information of the public. The members, approximately 14,000 represent specialists and managers from municipalities, universities, consulting engineers, authorities and businesses.

Imprint

Publisher and marketing:
DWA German Association for
Water, Wastewater and Waste
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Germany
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: kundenzentrum@dwa.de
Internet: www.dwa.de

ISBN: 978-3-941089-83-9

Translation:
English: Richard Brown, Wachtberg – Germany
Arabic: Omat Zimmo, Ramallah – Palestine
Chinese: Wanli Zhao, Peking – China
French: TransProjekt, Bonn – Germany
Farsi: Ahmad Khan, Teheran – Iran

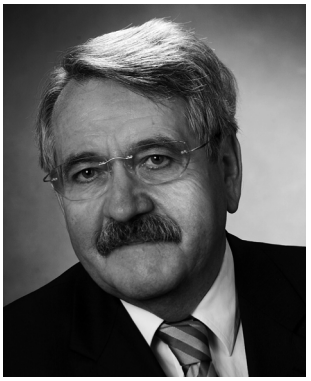
Printing:
Druckhaus Köthen, Köthen – Germany

Printed on 100 % recycled paper

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2009
German Association for Water, Wastewater and Waste

All rights, in particular those of translation into other languages, are reserved. No part of this Advisory Leaflet may be reproduced in any form – by photocopy, digitalisation or any other process – or transferred into a language usable in machines, in particular data processing machines, without the written approval of the publisher.

Preface



We all know that, already today, we are faced with the challenge of providing sufficient water of adequate quality for human consumption, agriculture and industry. Problems will increase due to the growing population and megacities but also as a result of changing lifestyles and eating habits. It is therefore advisable that we all think about how to ensure a sufficient amount and quality of the resource water can be provided.

Particularly important will be to use our water resources efficiently.
The reuse of wastewater is a key component in this respect.

The DWA Work Group has studied technologies for wastewater treatment with the focus on reuse purposes and worked out guidelines under the title “Treatment Steps for Water Reuse”.

Water recycling is widely practised by industry. It has been DWA’s intention to facilitate a better understanding of water recycling also for municipal and agricultural reuse purposes. To select the best suitable technology for each individual application in this field will always be a matter of the engineer’s experience.

The Work Group is aware that their work will not solve the world’s water problems, but they at least wanted to offer guidelines for part of the problem areas.

Dr.-Ing. E. h. Hans G. Huber
(DWA-Work Group Chairman)

Content

Preface 3

Treatment Steps for Water Reuse 5

مراحل معالجة المياه العادمة بهدف إعادة الاستخدام 35

以水的再利用为目标的污水处理工艺评估 69

Printed versions in English, Arabic and Chinese

Digital versions in English, Arabic, Chinese German, French and Farsi (see enclosed CD)

DWA-
Topics

Treatment Steps for Water Reuse

May 2008

German Association for Water, Wastewater and Waste

The German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA) is intensively involved with the development of reliable and sustainable water management. Being a politically and economically independent organisation it operates specifically in the areas of water management, wastewater, waste and soil protection.

In Europe the DWA is the association in this field with the greatest number of members and, due to its specialist competence it holds a special position with regard to standardisation, professional training and information of the public. The members, approximately 14,000 represent specialists and managers from municipalities, universities, consulting engineers, authorities and businesses.

Imprint

Publisher and marketing:
DWA German Association for
Water, Wastewater and Waste
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Germany
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: kundenzentrum@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Translation:
RICHARD BROWN, Wachtberg

Printing:
Druckhaus Köthen

ISBN:
978-3-941089-83-9

Printed on 100 % recycled paper

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2009
German Association for Water, Wastewater and Waste

All rights, in particular those of translation into other languages, are reserved. No part of this publication may be reproduced in any form – by photocopy, digitalisation or any other process – or transferred into a language usable in machines, in particular data processing machines, without the written approval of the publisher.

Foreword

Since years it has been pointed out with increasing intensity that, in future, water will globally be an even more scarce resource than oil and gas. Many information, as also UNEP`s recently issued global environmental report "GEO-4" (UNEP 2007), clearly indicates the causes: the world population of over six billion people and the level of consumption of a large part of these people lead to a consumption of resources, which is greater than nature can re-supply. The approach to a solution must therefore be: reduction of the consumption of resources. Applied to water this means: reuse of water and small cycles!

In Germany, due to the up to now extensively sufficient fresh water resources, this subject has been dealt with at a subordinate level. With an eye on the challenges within the international market and by it increasing requirements for information also within the German water industry, in addition to a Specialist Committee working on "New types of sanitary systems", the Working-Group BIZ-11.4 "Water Reuse" was launched within the DWA.

One of the tasks of the working group is the identification and description of treatment steps for water Reuse. This concerns, in particular, also processes for which, due to the lack of application in Germany, little experience is available. Therefore, within the working group, a matrix was elaborated in which techniques for the treatment of wastewater are presented and assessed with the aim of water reuse.

It is pointed out that the results from the honorary work of the DWA-Working Group BIZ-11.4, presented with this Volume of Topics, are not part of the DWA-Set of Rules and Standards. The assessment matrix introduced has been created from today's point of view and expressly makes no claim to completeness but rather is to be developed further. In this regard the Working Group is grateful for contributions and information.

On <http://www.dwa.de/master/wastewater-reuse> the user is given access to prepared Excel-sheets from the Annex in *Assessment Matrix of Treatment Steps for Water Reuse.* The user is able to revert to these tables and adapt them to his/her requirements.

Authors

This DWA-Topic has been elaborated by the DWA-Working-Group BIZ-11.4 "Water Reuse". The following have collaborated in the production of this volume:

CORNEL, Peter	Prof. Dr.-Ing., Darmstadt
FIRMENICH, Edgar	Dipl.-Ing., Mannheim
FUHRMANN, Tim	Dipl.-Ing., Witten
HEIDEBRECHT, Rüdiger	Dipl.-Ing., Hennef
HUBER, Hans	Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing., Berching (Chairman)
KAMPE, Peter	Dipl.-Ing., Maintal
KARL, Volker	Dipl.-Ing., Frankfurt
MEDA, Alessandro	Dot. Ing., Darmstadt
ORON, Gideon	Prof., Kiryat Sde-Boker, Israel (Guest contribution)
ORTH, Hermann	Prof. Dr.-Ing., Bochum
SCHEER, Holger	Dr.-Ing. habil., Essen
SCHNMIDTLEIN, Florian	Dipl.-Ing., Bochum
SCHNEIDER, Thomas†	Dipl.-Ing., Bochum
SCHWARZ, Christina	Dipl.-Ing., Neubiberg
WEISTROFFER, Klaus	Dipl.-Ing., Eschborn

Project organizer within the DWA Head Office:

HEIDEBRECHT, Rüdiger	Dipl.-Ing., Hennef Department Training and International Cooperation

Contents

Foreword **7**

Authors **7**

1 Objective of this Volume of Topics **9**

2 Relevance of Water Reuse **9**

3 Subsumption of Reuse of Wastewater **10**
3.1 Socio-cultural Aspects and Acceptance 10
3.2 Requirements on Technology 11
3.3 Requirements on Plant Management and Operational Competence 11
3.4 Health Aspects 12
3.5 Legal Regulations and State Controls 13
3.6 Market Potentials for Projects for Water Reuse 13
3.7 Pricing and Financing 14

4 Examples of Implementation **15**
4.1 Examples of Application in Germany 15
4.2 Examples of Application Worldwide 16

5 Assessment Matrix of Treatment Steps for Water Reuse **17**
5.1 Aim of the Matrix 17
5.2 Limitation 17
5.3 Structure of the Matrix and Explanation of Terms 18
5.3.1 Lines 1-2 "Health Risk" 20
5.3.2 Lines 3-6 "Economic Efficiency – Investment Costs" 20
5.3.3 Lines 7-11 "Economic Efficiency – Operating Costs" 21
5.3.4 Lines 12-16 "Effects on the Environment through Operation of the Facility" 21
5.3.5 Lines 17-19 "Requiremments on Operating Personnel of the Facility" 22
5.3.6 Lines 20-36 "Plant Technology" 22
5.3.7 Lines 37-40 "Irrigation Technology" 23
5.3.8 Lines 41-44 "Utilisation Options" 24

References **24**

Annex Assessment Matrix of Treatment Steps for Water Reuse **27**

Appendix A Abbreviations (not part of the German version) **33**

List of Tables

Table 1: Line headings with assessment parameters 19

1 Objective of this Volume of Topics

The necessity to treat wastewater for reuse is primarily relevant on the international level. Along with the low precipitation regions outside Europe, in future this subject will also have to be considered increasingly in Europe, not only in Southern Europe were the agricultural water reuse is already an established practice. In addition to utilisation in agriculture, urban multiple use of water is acquiring an increasing significance, in particular in the rapidly growing mega-cities, in which, almost independent from the climatic zone, the local water requirement exceeds the available fresh water resources.

With this, the treatment of wastewater for the reuse of water represents a complex assignment of tasks: in addition to national and international regulations and standards on water quality and treatment technology there are also different constraints, varying from country to country to be taken into account, such as the type of water utilisation, the financial resources and the level of training of local operating personnel. Current publications on the various challenges of the subject are numerous, see for example: AQUAREC (2006), ANGELAKIS et al. (2001), WHO (2006), ASANO (2007), JIMENEZ and ASANO (2008).

In order to give an overview and support with the selection of fitting treatment techniques for water reuse, a matrix with the most varied processes of wastewater treatment has been elaborated by the DWA Working Group BIZ-11.4 “Water Reuse”. Each process step was assessed with regard to diverse aspects such as discharge quality, costs, consumption of material and energy, expenses for preventative maintenance etc. With the assessment, a characterisation takes place of the individual treatment methods which brings these into relation with each other and gives information about the risks of individual processes in connection with the reuse of water. With this, the assessment matrix in the presented version concentrates primarily on the agricultural and urban utilisation (irrigation, water for fire-protection and non-potable water). The area of industrial (multiple-)usage and the indirect, unintended reuse of water as well as the so-called alternative sanitation concepts, which are based on the separation of various substance flows in the wastewater, are not part of the matrix and this Volume of Topics.

Objective of this Volume of Topics and the assessment is to give fundamental information on possibilities for application, application criteria and application prerequisites for the different treatment techniques. Here the matrix is to offer a simple and fast aid for decision-making, without having to raise a claim of being the basis for a detailed decision. This detailed decision must be in the hands of specialists. The matrix is definitely not to replace the engineering adaptation in special cases but is rather to be a support for a sensible and well-founded decision, also if expert knowledge is not available. In this respect the target group for the application of this matrix represents less the already designated experts than public communities of interests, decision-makers and politicians (for the purpose of raising awareness) as well as consulting offices, plant constructors and operators in municipalities and in agriculture, both in Germany and also abroad.

2 Relevance of Water Reuse

The world-wide limited water resources as well as anthropological influences on them represent a growing global problem, with which, in particular, the populations of threshold- and developing countries in arid and semi-arid regions are affected. In addition to the climatic constraints and a generally, uneven distribution of the water resources, the extreme population growth and increasing per capita water consumption in these countries are the main cause for increasing water shortage. Management of water resources which is not oriented on principles of sustainability as well as the pollution of surface waters and groundwater often reinforce the problem. According to the prognoses of the World Water Report (UNESCO 2006) with existing consumption habits, by the middle of the current century some seven billion people in 60 countries will experience shortages of water if one takes the most unfavourable extrapolation as basis; in the most favourable case there would still be at least two billion people in 48 countries having to suffer water shortage. Experts of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) in addition forecast a further aggravation of the global water shortage through the effects of the world climate change.

The reuse of water is already an indispensable necessity in numerous countries and a common practice in the water industry. In future it will be an essential component of a sustained water resources management – also as adjustment measure for the reduction of the effects of the climate change – and belongs to the greatest challenges of the 21st century. Wastewater, treated and purified in accordance with the requirements of the respective application, is here to be considered, within the sense of reuse, as valuable, usable, and locally controllable water resource. The reuse of water thus contributes to the reduction of discrepancy between steadily rising water consumption and limited water resources.

In this connection in particular agriculture is to be named as the largest water consumer world-wide. The reuse of adequately purified wastewater for agricultural irrigation represents a particularly large potential for the maintaining of fresh water resources. Over and above this, through water storage, there are here also development chances on offer about seasonal influences (however, also special demands on the quality of the treated water).

In many developing and threshold countries reuse of non- or insufficiently treated wastewater is very common. In particular in urban or peri-urban regions raw wastewater from the local population is used for irrigation, because it is available free of cost and independent of dry periods and has a high value as fertiliser. The use of wastewater, often untreated, thus contributes perceptibly to the safeguarding and increase of the production of foodstuffs. Although legal constraints as well as quality standards for the reuse of water are often defined in these countries (frequently on the basis of relevant directives of the WHO and EPA), in practice the reuse of water takes place in the majority of developing and threshold countries, largely uncontrolled and without complying with important hygienic minimum requirements (RUHR-UNIVERSITY BOCHUM 2005).

For sustainable water resources management it is essential to recognise wastewater as a resource, whereby the corresponding treatment is absolutely indispensable in order to minimise health risks connected with an uncontrolled reuse.

3 Subsumption of Reuse of Wastewater

3.1 Socio-cultural Aspects and Acceptance

The subject of water reuse covers a complete series of fundamentally different aspects which must function in their interaction, in order to contribute to a sustainable reduction of the consumption of resources. Reuse of water has an influence on the health and daily life of people and the technology associated with this must be both simple to operate and also clear. In addition to technical, organisational and institutional issues, here socio-cultural aspects have a special significance.

Acceptance by the users is certainly the most important key factor for the reuse of water. In many regions of the world this acceptance is, at least in part, already “encouraged” through economical forces: decreasing suitability of traditional water resources, increasing energy prices for the conveyance of water from deep wells as well as high maintenance costs, to name only a few. Frequently, however, an extensive use of larger volumes of recycled water is opposed by a large amount of resentment up to open opposition. In part this has easily comprehensible reasons, which are associated with the technique itself, its operation and maintenance and also the water quality (e. g. odour and colour). Thus, for example, although many common irrigation systems are principally suitable for the utilisation of recycled water, in daily practice the operation is, however, possibly not really “free of faults”.

Although the use of rainwater and slightly polluted wastewater has a long tradition in many parts of the world and the utilisation of animal and human excrement as fertiliser in agriculture is extensive there, it is precisely in many areas with water shortage that there is a clear reticence on the part of potential users for recycled water. Depending on the type of utilisation, people have a more or less distinct antipathy to the reuse of water due to the “sensed” insufficient distancing to the pathogens contained in treated water. To this is added in many regions religious dictates or similar quasi-religiously-based restrictions, which limit the handling of treated water (water reuse can, however, also be encouraged religiously, see example box below). In these cases the long and stony path of raising awareness will be required in order to alter patiently the traditional attitudes of people. An important role is played here in that the operation of the appropriate systems have to be accompanied by a sufficiently robust safety system, which can guarantee the maintaining of the minimum standard for the respective type of water reuse. The user of recycled water must be able to rely on these standards otherwise trust and acceptance cannot be built up.

The opposite occurs, although the institutionalised acceptance in the form of legal and regulatory specifications is very restrictive, when the acceptance of the user and end-consumer, for example small farmers and consumers of agricultural products, is much more pragmatically positive due to the needs arising from water shortage. This means also that, in this case, official conditions for approval are, in many cases, avoided or ignored, in particular if efficient implementation and control mechanisms are missing.

It is obvious, that the direct reuse of water in all cases of application, which lead to a contact of the end-consumer with the treated wastewater, be it through agricultural products, in the household or even as recycled drinking water, the socio-cultural inhibitions must, to a particular degree, be taken into account. Open association with all relevant questions and early participation in the planning and decision process are indispensable prerequisites in order to guarantee a successful

implementation. With this, the following groups of topics are at least to be taken into account, whose weighting, depending on the application, is different:

- water management constraints (water demand versus water supply),
- hygiene and health precautions,
- technical requirements on the production and application of treated wastewater,
- operational requirements and competence (i. a. number and qualification of the operational personnel, operational safety, emergency measures), depending also on the complexity of the treatment processes,
- financial-technical and economical feasibility taking into account the investment costs (CAPEX, Capital Expenditure) and the operating costs (OPEX, Operational Expenditure),
- aspects of the environment and sustainability,
- regulatory aspects.

Example: Religious acceptance for the reuse of treated water

In the predominantly Islamic countries of the Middle East and North Africa, already since the start of the 20th century, the reuse of water has played an important role. For example in Egypt, where since about 1900 wastewater has been used for agricultural irrigation of an area of up to 4,500 hectares in the vicinity of Cairo. With the background of the growth in population (today 72 million, 2017 estimated 83 million) and the small amount of water resources available (deficit today ca. 20 billion m^3/a, 2017 estimated ca. 40 billion m^3/a) it is not surprising that the significance of the reuse of water will increase across the whole country. In Iran and other Islamic countries the reuse of treated wastewater is also a common practice and is recognised as important measure for the combating of water shortage.

High-ranked religious representatives of Islam in this region support this policy. Thus, for example H. E. Ahmed Al-Sabban, Deputy Minister from the Saudi Ministry for Islamic Affairs, explained at a conference in Abu Dhabi on the subject of the reuse of water, that Islam supports the careful handling of water and the protection of water resources. The reuse of water, including the use of treated wastewater, in particular in the light of water shortage and increasing water demand of the population is not on contradiction with religion, “As long as it is pure, and shows no coloration and no odour”. (AL-SABBAN 2005)

3.2 Requirements on Technology

For safe reuse of water, for example in agriculture, specific quality requirements on the water and thus on its treatment are made which are to be ensured through adequate technology. These requirements concern a wide range of aspects such as the disinfection for the protection of humans, the removal of nutrients for the protection of bodies of water and groundwater and also the reduction of the solid matter concentration with regard to the irrigation facilities.

An additional challenge is represented by the interplay of the continuous inflow of wastewater and often discontinuous consumption of the treated water. This possibly requires storage of water, which can be realised both in surface storage tanks and also through deliberate storage in aquifers. On the other hand the type of storage results in quality requirements on the water treatment (e. g. with regard to microbial recontamination and nutrient content).

The assessment matrix described in Chapter 5 provides an aid for the various requirements with regard to possibilities for application of the different wastewater treatment techniques.

3.3 Requirements on Plant Management and Operational Competence

The best technology is useless if it cannot be operated in accordance with regulations. Depending on the complexity of the selected treatment and process technology the operation of a system for water reuse demands a certain degree of plant management competence. Furthermore, the personnel, due to the technical safety requirements (hygiene and health protection), should be motivated to a high degree and to (be able to) act with responsibility. This means the requirement for qualified trained and further trained specialists. With projects abroad, attention is to be paid to the selection of suitable operating personnel who, if required, are to be brought up to the required level of qualification through adjusted training measures. Continuous follow-up training and examination in the early years of commissioning are advised.

Especially in countries outside Europe that these requirements are often contrary to the realities of wastewater utilities which, in part, are characterised by:

- significant lack of coverage of operating costs,
- personnel with insufficient qualification,
- limited possibilities for further training,
- payment of employees which deserves improvement,
- demand for improvement of the image of employees (from “Sewer operator” to “Resource manager”),
- strong hierarchical and centralised management structures with limited possibilities for decisions on-site,
- lack of sufficient furnishing with operating resources in particular equipment, spare parts, tools, energy and chemicals.

These conditions represent an enormous challenge for the motivation of employees and the meeting of operational requirements and safety standards.

The operational precautions for an operation of the plant according to the regulations and the build-up and/or the maintaining of the necessary competence of personnel are to be taken into account as important cost factors with the planning of projects for the reuse of water.

Example: Strengthening of operational competence in Algeria

Through an insufficiently precautionary maintenance of wastewater engineering facilities, their efficiency and useful life are often considerably reduced. Thus, newly installed facilities in the past already had to be decommissioned after only a few years due to in part insufficient operating competence.

The national Algerian Organisation for the Operation of Wastewater Facilities (ONA), in cooperation with German partners, has introduced a modular training and further training programme for the operation of wastewater facilities. Future instructors have been trained and a training centre for personnel from all regions of Algeria, has been set up in the Boumerdes wastewater treatment plant Training subjects were, inter alia, work safety, preventative maintenance, measurement and control, fault management, maintenance, reporting and store management. Through the training, significant success could be achieved over a short period in various facilities in Algeria and the necessary understanding could be put over to the employees that a competent and caring operation are at least as important as the procurement of equipment and resources. With focusing on investments for wastewater engineering alone it can otherwise give rise to high follow-on costs and inadequate operation.

(GTZ, Emscher 2006)

3.4 Health Aspects

The planning and operation of facilities for the reuse of wastewater must ensure that no hazarding of the health and safety of operating personnel, the water users and the population result.

Municipal wastewater, even after conventional treatment, still contains a large number of health-hazarding content substances. Along with remains of persistent chemical substances these are, above all, human pathogenic microorganisms in the form of bacteria, viruses, parasites and worm eggs. The safe and hygienically harmless reuse of treated wastewater therefore demands certain prerequisites on the water quality, in particular from the aspects of epidemiology.

The endangering through pathogenic agents is very heavily dependent on the type of use of the treated water, for example, with regard to the selected type of irrigation. Therefore, there are assessments of the suitability of various types of irrigation given in the matrix described in this volume of Topics.

As a rule, for a reuse of wastewater, suitable disinfection procedures are to be employed with which the pathogens are so far reduced through removal, destruction or inactivation, that an endangering of health is not to be feared in the respective case of application. For this, the national or local limitations (so far as they exist) are to be observed, if necessary, in particular with an eye on epidemiological aspects, internationally recognised recommendations, such as the WHO Directives (WHO 2006) are to be included.

With the employment of disinfection processes, in addition to the relevant hazards for the operating personnel and the environment due to the employment of chemicals, the formation of by-products possibly toxic for humans and the environment are to be considered.

Operating personnel and also the users of treated wastewater must be instructed on the specific health and safety considerations arising through the reuse of the water. For a, from the point of view of health, harmless operation of facilities for the reuse of water the additional production and introduction of plans for cases of failure, the practising of such plans and strict compliance in the case of failure are a vital prerequisite.

3.5 Legal Regulations and State Controls

There are legal regulations and sets of technical rules and standards in many countries (such specifications also exist in Germany, for example DIN 19650 on hygienic requirements for irrigation water). If one considers the regulations, in particular those of countries outside Europe, in which the water resources already today are or in the near future will be in short supply, the following aspects are to be noted:

- the legal regulations are, with appropriate compliance and monitoring, frequently sufficient in order to guarantee a relatively safe handling of reused water and to avoid sustained damage to the health of humans and to the quality of areas used for agriculture.
- the individual legal regulations frequently precede regulations of neighbouring countries or of international institutions or individual donor countries and therefore are not always completely matched to the respective requirements of the country.
- some regulations contain inconsistencies in several parameter groups, i. e. boundary values which to not match each other or cannot be complied with simultaneously in parallel.

In addition to the national rules there exist several internationally recognised specifications. To mention as examples are here, above all, the recently published recommendations of the WHO (WHO 2006). These represent an agreed framework for the development of individual national directives and standards for the reduction of microbiological health hazards associated with water and give information on the monitoring procedures necessary for sufficient microbiological safety. Fundamentally, the quality requirements are aimed strongly towards the application purpose of the water and include, for example, in addition to pathogens, also salt and nutrient contents for agricultural uses.

Government regulations in the water industry, in particular with the reuse of water, have to go beyond the definition of technical standards and requirements but must also cover deeper aspects such as the tariff structuring and monitoring as well as the responsibilities and rights of the parties involved (implementation organizations, erectors, operators, consumers). For example, determinations are to be made on safety measures, reporting and internal self and independent outside monitoring. In addition, clear specifications on the sanctions mechanism must be defined in case the requirements are not fulfilled.

With the background of the necessary technical planning, security and transparency for the requesting of tenders, clear rules are an important prerequisite for a reliable economic collaboration.

In summary it can, however, be established that usually there is no lack of legally binding sets of rules and standards or of recommendations for minimum standards with the reuse of water. The problem in most countries with scarce water resources is not the existence or quality of the standards for the recycling of water but rather, above all, their fulfilment and monitoring by sufficiently independent, state or private regulation institutions. To this is added the fact that the regulations are often hardly to be fulfilled due to low economic resources.

3.6 Market Potentials for Projects for Water Reuse

The European and international water markets, through the shortage and pollution of water resources as well as through the changed – as a rule improved – constraints, offer increasing chances for profitable investments in the water sector. With this, treated wastewater represents an important resource, whereby the area of water reuse in the coming decades will in particular profit.

If earlier strategies aimed primarily at the development and broad central distribution of significant water resources, current concepts such as, for example, also the European Water Framework Directive are oriented not only towards an integrated but also at a cost-covering management of water resources. The free handing out of water practised in some areas in the

past often led to a very wasteful handling of the limited water resource and an insufficient covering of the operating costs. Treated and untreated wastewater up until today, even in regions with small natural water resources, is discharged all year round or seasonally, thus is not available for a renewed use and is lost for the production of nutrients or other added values. With the decreasing availability of new water resources and at the same time increasing demand, water in many regions is, however, becoming too valuable to use ("consume") once only. With this, the closing of water and nutrient cycles due to the relatively even availability of water resources, the in part nearness to the potential reutilisation site as well as the saving of fresh water and energy costs is showing itself to be an increasingly cost-effcetive solution.

Nevertheless, the realisation of cycles requires tailor-made wastewater treatment technologies which, for example, with agricultural utilisation, also take into account the reuse of nutrients according to the vegetation periods. The market resulting from this for wastewater engineering and concepts often stand in a close relationship to the water management possibilities for the conurbation development as, on one hand, most of the wastewater is produced here and, on the other hand, the treated water has many uses and can be fed immediately also into the industrial and commercial area,

In addition to the arid and semi-arid developing countries even in the more developed countries the continuing great demand for water, increasing costs for fresh water and increasingly stricter specifications in the area of environmental protection are driving on the reuse of water and there offer increasingly good market chances. Greater expectations in energy efficiency and economic efficiency as well as new processing technologies are additionally promoting an impulse in innovation in this area.

Integrated water resources management and, in particular, the reuse of water is offering consulting and manufacturing firms – not the least also due to the anticipated climate changes – increasing market chances world-wide. The matrix described in this Volume of Topics for methods of wastewater treatment gives important information for the planning and preparation of offers for tendered projects in order to offer higher water quality to the end-user.

Example: The water reuse market in Asia

Due to its need to catch up and its very large economic growth Asia in particular carries a very large potential for wastewater treatment and reuse with estimated annual growth rates of in part more than 15 % in the coming years. For example, in Indonesia, the market for wastewater treatment in 2003 was ca. 90 million US$ with an annual growth of 10 %. Even markets in Taiwan or the Philippines have a strong need to catch up; the same applies for Thailand and Malaysia.

In China the government is also trying to counter the water crisis caused by the enormous economic growth through the encouragement of the intensive reuse of water. Thus, for example, institutional and private land development and construction companies are obliged in future also to plan-in water reuse. In order to support these approaches, inter alia a consortium has been created (China Water Reuse Trade Consortium), which is to support the marketing of appropriate technologies, equipment and products.

3.7 Pricing and Financing

An effective management of demand from the world-wide most varied users of water through water law and water prices requires a long-term price policy and regulation at national, regional and local level. This can also deliberately encourage/promote innovative solutions with water cycles and concepts for material flow separation for rural and urban areas.

Reasonable prices for different types of utilisation such as drinking water supply and wastewater reuse for industrial or irrigation purposes contribute to using the limited resource water more effectively. The new European principles of the Water Framework Law therefore demand a financial contribution both from the consumer and also from the polluter. In the long-term a full cost cover will be sought in order to ensure sustainability. Socially acceptable and progressive tariffs according to the ability and willingness of the user to pay are with this to be differentiated politically. They are to be adjusted regularly according to inflation in order to secure the facility operation and other customer services (e. g. development of level of connection).

Long-term investment programmes for the reuse of water – provided with economic incentives – have for example led the consumers in the water-scarce areas of Singapore, South Africa, Australia and California, to adjust themselves, in the mid- and long-term, to the regionally available water resources with thoroughly varied water quality and different prices.

Own financial resources applied by investors for the financing of new facilities for water reuse, government subsidies and loans are subject to very different conditions. Innovative solutions frequently receive subsidies. Basis for the agreement for financing from international development banks are, with this, feasibility studies which investigate alternative concepts and technologies and indicate cost-effective solutions both for the investors (low investment and operating costs) and for the user (adjusted tariffs).

Numerous international examples for agreed projects for water reuse indicate ways of how competent, commercialised agencies can justifiably invest through defined constraints, regulations, directives – and thus finally through state regulation. Successful practical examples can be found for example in the Research Report AQUAREC (2006) financed by the EU and the EMWIS Report on the reuse of wastewater (2007).

4 Examples of Implementation

4.1 Examples of Application in Germany

Although comprehensive experience with the most varied treatment technologies exists in Germany, the reuse of purified municipal wastewater has, up until now, been rather seldom practiced due to the abundance of water. In Germany reutilisation is essentially limited to trickle or spray irrigation for agricultural irrigation purposes as well as for groundwater recharge or bank filtration as indirect water reuse (which is, however, not a subject of this volume). Alongside these there exist small-scale applications, in particular with the use of grey-water in private households and hotel facilities.

The few applications for agricultural irrigation and the operation of wastewater fish ponds have resulted, historically, from earlier process steps of municipal wastewater treatment and were frequently implemented in Germany already at the start of the 20th century. Following increased requirements on immission and discharge limitations and the therefrom resultant area-wide implementation of modern biological wastewater treatment techniques, the reuse of purified municipal wastewater has to a large extent ceased.

Water reuse projects realised for agricultural irrigation are to be or were to be found in Germany, for example in Berlin, Bielefeld, Braunschweig (see example box), Darmstadt, Dortmund, Freiburg, Münster and Wolfsburg. Wastewater fish ponds have been operated, inter alia, in Amberg, Nürnberg, Spandau and near München.

Example: Water reuse for agricultural irrigation and relief of receiving waters in Braunschweig

In Braunschweig, already in 1895, a start was made to deploy urban liquid sewer manure on light sandy soils, on one hand in order to improve the hygienic situation of the city and the condition of the natural receiving waters as well as, on the other, to improve the soil quality of these areas. Today, the wastewater of the city of Braunschweig (ca. 22 Mio. m^3/a) is treated fully biologically by the modern Steinhof wastewater treatment works (350,000 PT connection capacity) before, in the summer months, it is agriculturally used on ca. 3,000 ha of sprinkle irrigation surface, in part mixed with excess sludge.

On agricultural areas under cultivation mainly economically interesting crops, for example sugar beet, are planted. The cultivation of foodstuffs, which are consumed directly and raw, is prohibited for hygienic reasons. A future cultivation of renewable raw materials for energetic use is already being discussed.

In the winter months a replenishment and storage of groundwater are carried out. The existing perculation fields serve as natural buffer, the variations in the wastewater treatment works positively evened out and the sensitive receiving waters protected. In the meantime valuable biotope structures worthy of protection have resulted through the continuous surface irrigation of the areas.

The small number of projects for water reuse is above all due to the generally sufficient existing fresh water resources. These, however, are subject to clear regional differences. Already now, regions in Eastern Germany are in particular showing negative mean climatic water balances. In extremely hot and dry years deficits of up to 300 mm of precipitation occur, which lead to a drying out of the upper soil layers. As a result of the forecast world climate change and the accompanying global warming of the earth, a future accumulation of such extreme events is also forecast for Germany.

As in wide areas of these regions an agricultural utilisation of the land predominates, here in future new perspectives for a reuse of water for agricultural irrigation and as contribution to the balancing of demand can result in periods of water scarcity. This applies in particular if, instead of field crops for human consumption, renewable raw materials for energetic use are cultivated as, in this case, the hygienic risks can be graded as significantly smaller.

4.2 Examples of Application Worldwide

Worldwide, the deliberate reuse of treated wastewater is practised in numerous applications (see examples in the boxes from Europe (Spain), the Mediterranean area (Jordan) and the USA), inter alia for the irrigation of agricultural or urban green spaces, aquaculture, production of non-potable water and groundwater recharge. Attention is drawn to the comprehensive literature for further details and numerous case studies; among the most resent publications are counted, for example, the international study on the reuse of water by JIMENEZ and ASANO (2008) and the Mediterranean Wastewater Reuse Report (MED-EUWI 2007).

Example: Water reuse on the Costa Brava, Spain

In Northeast Spain, the water reuse projects are currently experiencing an enormous development, in particular along the coastal regions of Catalonia. The relevance of the reuse of water with this reflects both in political and structural reforms as well as on the basis of firm figures. Between 1989 and 2001 along the Costa Brava, for example, the quantity of wastewater increased which, after biological treatment, is again used, with constant discharge quantities (ca. 30 mill. m^3) increased from almost zero to annually some 2.3 mill. m^3. With this, the irrigation of vineyards, orchards and golf courses is at the centre. Reused water is also used for the replenishment of aquifers as barrier against intruding salt water, for example in Torroella de Montgri and Tossa de Mar.

(SALA et al. 2002)

Example: Water reuse in the Jordan Valley, Jordan

Jordan currently has extremely lean water resources. An increasing water consumption and the aggravation of the situation accompanying this are forecast. On this basis the reuse of water in Jordan is encouraged by the government and is already anchored in numerous laws, ordinances and regulations. From the overall requirement for irrigation water (ca. 444 mill. m^3) already a share of ca. 16 % (ca. 71 mill. m^3) is covered by the reuse of treated wastewater.

In particular in the Jordan Valley treated wastewater is reused for irrigation following mixing with fresh water in the ratio of ca. 1:3 (dilution for “unrestricted irrigation”). The King Talal Reservoir, which takes up ca. 57 mill. m^3 of treated wastewater from the As Samra, Baqa and Jerash wastewater treatment plants, is of decisive significance for management.

(SCHNEIDER 2005)

Example: Water reuse in California, USA

California is considered as trend-setting in the field of water reuse. This applies both for existing legal standards and applied technologies as well as in questions of social acceptance. Already in 2000 wastewater was treated for reuse in considerably more than 200 wastewater treatment works. Under the types of water reuse, agricultural irrigation and maintenance of parks stand at the top of the list.

For example, in the region around Monterey, which provides almost 70 % of the total artichoke production in the USA, a large part of the production areas are irrigated by treated wastewater. In times of a high demand for irrigation the complete wastewater produced of, on average, 83,000 m^3/d, is treated to irrigation water.

In Irvine there exists, parallel to the drinking water network, an independent distribution network for the irrigation of parks, golf courses, grass verges of traffic routes etc. Treated wastewater here covers over 20 % of the total water consumption. The distribution of the treated wastewater is technically so controlled that private households can also take delivery of the water.

(ORTH 2005)

5 Assessment Matrix of Treatment Steps for Water Reuse

5.1 Aim of the Matrix

Wastewater treatment with the aim of water reuse should be carried out using the technique best suited to the individual case of application taking into account the national regulations and international standards (for example from WHO and FAO). For the selection of the treatment technique the constraints varying from country to country are to be observed, which, for example, are given by the investment and operating resources as well as the level of training of local operating personnel.

In order to support plant planners and builders with this complex task, a matrix with various process steps of water treatment has been elaborated by the DWA Working Group BIZ-11.4 "Water Reuse". Each process step is assessed with regard to various aspects such as discharge quality, costs, consumption of materials and energy, expenditure for preventative maintenance etc. The assessments include the characterisation and the comparison of treatment methods independent of the place of application, in particular for agricultural irrigation purposes.

The matrix developed as result of the assessments offers an overview of the various possibilities for treatment and is intended as fast and simple decision-making aid for a first estimation. No claim to completeness or to general validity is made, however, the matrix should be applicable for most cases. It is definitely not to replace the engineering investigation and custom-made decision for the individual, special case, but it is to enable or ease the making of a sensible and well-founded decision, even when expert knowledge is available only to a limited extent.

The assessments listed in the matrix are of overriding technical character. The health risks fundamentally associated with the practice of water reuse are not explicitly listed. For this, attention is drawn to the relevant literature, e. g. the Directives of the WHO (2006).

5.2 Limitation

The possible breadth of application of the reuse of treated water requires a limitation of the range of uses. The assessment matrix in the presented form is concentrated consciously on the following areas:

- irrigation in agriculture,
- non-potable water for domestic purposes (e. g. for the flushing of toilets),
- urban uses (e. g. for the irrigation of parks, for road care or fire-protection).

The starting point for the assessment matrix is the planned, intended employment of treated municipal wastewater. With this, the agricultural irrigation as one of the most widely used types of utilisation, represents an important focal point. The high water requirement in this sector and lower requirements on treatment in comparison with other uses (for example the removal of nutrients can, in part, be dispensed with as this can, if required, be left as fertiliser in the water) offers a particularly large potential for water reuse. With this, wastewater is to be seen as raw material for the product "treated wastewater", which can have different qualities depending on the type of reuse: the permitted nutrient content is, for example, dependent on the vegetation period and the soil conditions, the hygienic quality is among others dependent on the irrigated products and the type of cultivation, the solid matter content is dependent on the type of irrigation etc. Something similar applies for urban uses, e. g. for irrigation purposes and with the use of non-potable water for domestic purposes.

The following types of use are not considered in the assessment matrix presented here:

- industrial use,
- indirect reuse in the drinking water supply,
- alternative sanitation concepts.

Water reuse and recycling in industry are not taken into account in the assessment matrix as they are already established in Germany and well-developed practice, which at this point is not to be gone into in more detail. Many of the industrial applications are integrated into the production process, so that, in part, it is not possible to differentiate between operational-internal cycles and actual recycling. An impression of the scale of the industrial reuse of water is given by the following figures: the volume of water used in the processing industry amounts to ca. 30,200 Mm^3/year (of which ca. 22,500 Mm^3 is cooling water); with a fresh water supply of ca. 6,200 Mm^3/year a vo-

lume of reutilised water of ca. 24,000 Mm^3/year results. The usage factor (ratio of used water to fresh water) is 4.9. This means, that one cubic metre of water on average is used almost five times. The volume of reutilised water in industry (ca. 24,000 Mm^3/year) exceeds the quantity of municipal wastewater (ca. 9,695 Mm^3/year) by at least a factor of 2.4. (Data for 1998 in accordance with the German Federal Office of Statistics, quoted in CORNEL and MEDA 2008)

Also not considered is the area of indirect reuse such as, for example, exists with downstream use of surface water following upperstream discharge of wastewater. The subject of indirect reuse plays a not insignificant role in the densely populated regions in Central Europe due to the use of the large European rivers such as the Rhine or Danube as receiving waters for the wastewater treatment plants and, at the same time, source of raw water for the supply of drinking water. In addition, in densely populated regions, wastewater-typical substances are to be discovered in numerous bodies of surface water. The factual closing of the effluent-free cycle between treated wastewater and drinking water represents a type of “unplanned, indirect water reuse”, which is not part of the consideration in this volume of Topics.

So-called alternative sanitation concepts, which are based on the separation of different wastewater streams (black-, brown-, yellow- and grey-water), are not included in the matrix. Here attention is drawn to the comprehensive, relevant literature.

5.3 Structure of the Matrix and Explanation of Terms

The complete assessment matrix is shown in the appendix, divided into five tables which contain the thematically grouped technologies.

The matrix is structured in a way that the various process steps of the wastewater treatment are presented in the columns, and the assessment parameters listed in the lines. The line headings with the assessment parameters is shown in Table 1.

The assessment takes place through categories such as “high”, “medium”, “low” and is partly supplemented by specific key data such as, for example, energy consumption or degree of elimination of some wastewater parameters. The details are based on evaluations of the sources given in the references as well as the estimates of members of the Working Group. The figures behind each field indicate the relevant source, the associated legend is at the end of the annex.

Table 1: Line headings with assessment parameters

Aspect				Line
Health risk	Operating personnel water treatment facility			1
	Users of the reutilised water			2
Economic efficiency	Investment costs	Floor space required		3
		Structural engineering		4
		Mechanical engineering		5
		E+MCR technology		6
	Operating costs	Personnel requirement/costs		7
		Energy requirement/costs		8
		Disposal of residues		9
		Operating resources (precipitants etc.)		10
		Preventative maintenance costs		11
Effects on the environment through operation of the facility	CH_4 emission			12
	Odour nuisance			13
	Sounds/noisiness			14
	Aerosols			15
	Insects (worms, flies etc.)			16
Requirements on the operating personnel	Operability/operating expenditure			17
	Expenditure for preventative maintenance			18
	Required training of operating personnel			19
Plant technology	Degree of mechanisation			20
	Robustness			21
	Process stability			22
	Ability to influence the discharge quality operationally			23
	Discharge quality (treatment performance)	COD/BOD elimination		24
		SS reduction		25
		Nutrient elimination	Ammonium	26
			Nitrate	27
			Phosphorus	28
		Reduction of pathogens	Viruses	29
			Bacteria	30
			Protozoa	31
			Helminths	32
		Colour/Odour		33
		Residual turbidity		34
		Salting-up due to process		35
	Accumulation of residues			36
Irrigation technology	Root irrigation			37
	Trickling irrigation			38
	Sprinkler/Spray systems			39
	Flooding			40
Types of use	Agricultural irrigation			41
	Non-potable water (toilet flushing)			42
	Urban uses (irrigation, water for fire-protection)			43
	Forestry irrigation			44

In the following sections the individual lines of the matrix, which contain the parameters of the assessment, are described and the used assessment categories are defined.

5.3.1 Lines 1-2 "Health Risk"

The health risk for the operating personnel of water treatment facilities and for the users of reused water are assessed qualitatively according to the following categories:

Category	Remarks
high	e. g. with the handling of "hazardous" chemicals
medium	disinfection is possibly required
low	if employment takes place only as pre-treatment step

5.3.2 Lines 3-6 "Economic Efficiency – Investment Costs"

The details on economical efficiency are of general and comparable nature. The categorisation into "low" – "medium" – "high" is only to allow a first rough and comparative consideration of the process. These categories are determined and set limits using German variables:

Category	Remarks
high	costs > 1,000 €/PT and surface requirement > 1 m^2/PT
medium	costs > 600 to 1,000 €/PT and surface requirement > 0,3 to 1 m^2/PT
low	costs ≤ 600 €/PT and surface requirement ≤ 0.3 m^2/PT

Provision of concrete variables is largely dispensed with as these are often non-transferable. The determination of investment and operating costs is to be carried out from scratch and carefully with each project as the economic efficiency is one of the decisive factors for the assessment. However, experience shows that the costs can vary very strongly both from country to country and also from location to location within one country. Here the following constraints are to be noted:

- the market conditions and the competition situation at the location/in the country,
- the detailed specifications of the selected technology,
- the relationship structural engineering to mechanical engineering and or equipment with the selected technology,
- the share of the labour costs in the investment and operating costs in countries with low wages,
- the availability and procurement costs of operating resources (energy, spare parts, expendable items, chemicals etc.),
- the need to have and/or mobilise highly qualified personnel for preventative maintenance and maintenance.

In the assessment matrix the investment costs have been divided into the areas surface requirement, structural engineering, mechanical engineering and E+MCR (Electro-, Measurement-, Control- and Regulation technology). As far as numerically given, the surface requirement is given in m^2/PT, as the basic price is extremely country-specific.

Fundamentally, it is to be noted for quantitative comparison, that some treatment steps are designed according to load, others according to hydraulic capacity. Correspondingly, the investment costs are given normally either on the basis of the number of inhabitants and population equivalents in €/PT or on the basis of the hydraulic capacity in €/(m^3/h). A conversion is sensible to a limited extent only and possible only under the assumption of a specific wastewater discharge per number of inhabitants and population equivalents.

5.3.3 Lines 7-11 "Economic Efficiency – Operating Costs"

The general comments made about the investment costs apply analogously also for the operating costs of the treatment processes considered, which are subdivided as follows:

- costs for personnel and/or personnel requirements,
- costs for energy and/or energy requirement,
- costs for the disposal of residues (presumably under German constraints),
- costs for operating resources such as precipitants and flocculants or other chemicals,
- costs for preventative maintenance.

Given numerical values refer to German conditions for newly erected facilities. The transferability to other countries, according to the comments on the investment costs, is not directly given.

For some processes the overall operating costs in Euros per cubic metre of treated water are given in accordance with the following categories:

Category	Remarks
high	costs > 0.4 €/m^3 and ≤ 0.8 €/m^3
medium	costs > 0.06 to 0.4 €/m^3
low	costs ≤ 0.06 €/m^3

The energy requirement is given in kilowatt hours (kWh) per cubic metre of treated water. These values are largely independent of country and are thus directly transferable. The following categories are given for the energy requirement:

Category	Remarks
high	energy requirement > 0.02 kWh/m^3 and ≤ 0.2 kWh/m^3
medium	energy requirement > 0.002 to 0.02 kWh/m^3
low	energy requirement ≤ 0.002 kWh/m^3

5.3.4 Lines 12-16 "Effects on the Environment through the Operation of the Facility"

The environmental loadings on the operation of the facilities for water treatment are assessed qualitatively based on the following criteria:

- CH_4 emission (or emission of climate damaging gases),
- odour nuisance,
- sound/noisiness,
- aerosols,
- insects (worms, flies, mosquitos etc.).

Category	Remarks
high	high environmental loading
medium	medium environmental loading
low	low environmental loading

5.3.5 Lines 17-19 "Requirements on Operating Personnel through the Operation of the Facility"

The existing level of training of operating personnel in many developing countries and emerging markets represents a limiting factor for the selection of possible technologies for water treatment. In the assessment matrix the requirements on personnel with regard to a controlled operation are assessed for each treatment process based on the following criteria:

- operability and and/or operating expenditure,
- preventative maintenance expenditure,
- necessary training for operating personnel.

Category	Remarks
high	high requirements
medium	medium requirements
low	low requirements

5.3.6 Lines 20-36 "Plant Technology"

Under the umbrella term "Plant technology" are gathered together the technical details on the respective processes, in particular on the treatment performance. In addition to numerical literature data the qualitative assessment categories, given below, are used.

The quality of the treated water and/or the treatment performance is assessed based on the following wastewater parameters in relation to the degree of elimination:

- COD and BOD (organic carbon compounds),
- SS (filterable substances, solid matter, suspended solids),
- nutrients (ammonium, nitrate, phosphorus),
- pathogens (bacteria, viruses, protozoa, helminths).

In the matrix the detail of the degree of elimination in [%] or the concentration in the treated water in [mg/l] achieved following treatment; the reduction of pathogens is given in logarithmic steps (log-steps). The following categories are used:

Category	Remarks
high	degree of elimination > 70 % or 4 - 6 log steps
medium	degree of elimination 30 - 70 % or 2 - 3 log steps
low	degree of elimination < 30 % or up to 2 log steps
no influence	degree of elimination < 5 %
not relevant	e. g. if employed for post treatment only

Further parameters are drawn upon for qualitative description of the properties and condition of the treated water:

- colour and odour,
- residual turbidity,
- salting-up of the water during the treatment.

Category	Remarks
high	the treated water shows a high (residual) colouring/odour/residual turbidity
medium	the treated water shows a medium (residual) colouring/odour/residual turbidity
low	the treated water shows a low (residual) colouring/odour/residual turbidity
no influence	---

Additional non-quantifiable parameters are drawn upon for the direct description of plant technology and comparatively qualitatively assessed:

- degree of mechanisation,
- robustness,
- process stability,
- ability of influencing the discharge quality operationally.

Category	Remarks
high	higher degree
medium	more medium degree
low	lower degree

The accumulation of residues due to the treatment process is assessed as follows:

Category	Remarks
high	> 80 to 110 l/(PT·a) dewatered sludge for disposal
medium	> 40 to 80 l/(PT·a) dewatered sludge for disposal
low	up to 40 l/(PT·a) dewatered sludge for disposal
no accumulation	---

5.3.7 Lines 37-40 “Irrigation Technology”

In the case of a utilisation as irrigation water, it is stated for each treatment process, whether the treated water can be employed using the given irrigation technologies.

Generally the solid matter concentration (e. g. expressed through the DS content) for irrigation facilities with very fine elements or spray nozzles (as in the case of root or trickling irrigation), has to be very small and therefore a filtration is recommended or is necessary.

For irrigation technologies with which a development and distribution of fine droplets and aerosol particles occurs (e. g. through sprinkler systems), the treated water should additionally be disinfected in order to minimise health risks, e. g. for field workers and neighbouring inhabitants.

Category	Remarks
suitable	possibly, however, limitations due to necessary filtration or disinfection
less suitable	requires filtration
not suitable	---
not relevant	e. g. if employment as pre-treatment only takes place

5.3.8 Lines 41-44 “Utilisation Options”

These lines detail for each treatment process, in accordance with the following categories, whether the utilisation of the treated water is possible and/or is worthy of recommendation for the respective purpose:

Category	Remarks
recommended	---
possible	---
not recommended	---
not possible	---

References

Al-Sabban, A. (2005): Presentation in Arabic by HE Ahmed Al-Sabban, Deputy Minister for Planning and Development, Ministry of Islamic Affairs, Kingdom of Saudi-Arabia, at the conference “Middle East Water Reuse”, 27./28.11.2005, Abu Dhabi, VAE, arranged by the Wirtschafts-Zeitschrift MEED

Angelakis, A.; Thairs, T.; Lazarova, V. (2001): Water Reuse in EU Countries: Necessity of Establishing EU-Guidelines, State of the Art Review, Report of the EUREAU Water Reuse Group EU2-01-26

Alcalde, L.; Oron G.; Manor, Y.; Gillerman, L.; Salgot, M. (2004): Wastewater reclamation and reuse for agricultural irrigation in arid regions: The experience of the city of Arad, Israel, Israeli-Palestinian International Conference on Water for Life, Antalya, Turkey, Oct. 2004, <www.ipcri.org>

Aquarec (2006): Water Reuse System Management Manual, AQUAREC (Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater), Editors: Davide Bixio and Thomas Wintgens, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2006, ISBN 92-79-01934-1, short version on <www.aquarec.org>

Asano, T. (2007): Water Reuse: Issues, Technologies and Applications, McGraw-Hill, 1. Edition, March 2007, ISBN: 978-0-07-145927-3

ATV-M 205E (1998): Disinfection of Biologically Treated Wastewater, Issue July 1998, German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), Hennef, Germany

ATV-DVWK-A 131E (2000): Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants, Issue May 2000, German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), Hennef, Germany

Barjenbruch, M.; Al Jiroudi, D. (2005): Erfahrungen aus dem Vergleich von Kleinkläranlagen auf dem Demonstrationsfeld in Dorf Mecklenburg [Experiences from the comparison of small wastewater treatment plants on the demonstration field in the village of Mecklenburg]. In: GWF Wasser Abwasser, Vol. 146, No. 5, 2005, p. 400-407

BFAI - Bundesagentur für Außenwirtschaft (2007): Wassermanagement und Wassertechnik im Nahen und Mittleren Osten und in Nordafrika [Water management and water engineering in the Middle East and North Africa], 2007, Bundesagentur für Außenwirtschaft, ISBN: 3-86643-495-2

Cornel, P. (2006): Weitergehende Behandlung von Kläranlagenabläufen (A-Kohle, Oxidations-, Desinfektionsverfahren u. a.) [Advanced treatment of wastewater treatment plant outfalls (Active carbon, oxidation and disinfection processes and similar)], DWA Water Management Course M 2 dated 11.-13. October 2006, ISBN 3-939057584

Cornel, P.; Meda, A.; Huber, H. (2007): Development of a Matrix as a Decision Support Mechanism for Comparison and Evaluation of Technologies in Water Reuse Applications. In: Schriftenreihe Gewässerschutz-Wasser-Abwasser (GWA), Bd. 206, Advanced Sanitation, Publ.: Inst. für Siedlungswasserwirtschaft, RWTH Aachen, März 2007, ISBN: 978-3-938996-12-6, p. 28/1-28/9

Cornel, P.; Meda, A. (2008): Water reuse situation in Central Europe: the current situation. In: Water Reuse: An International Survey, Contrasts, issues and needs around the world, Editors: Blanca Jimenez und Takashi Asano, IWA Publishing, London, planned publication date: 1.2.2008, ISBN: 1843390892

DIN 19650 (1999): Irrigation – hygienic concerns on irrigation water, Issue: February 1999, Beuth Verlag, Berlin

DWA-Landesverband Bayern (2005): Kanal- und Kläranlagennachbarschaften, Fortbildung des Betriebspersonals 2005 [Sewer and wastewater treatment plant neighbourhoods, Further training of operating personnel], München, ISBN 3887210581

DWA-A 262 (2006) (Not available in English): Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur Reinigung kommunalen Abwassers [Principles for Dimensioning, Construction and Operation of planted Soil Filters for Treatment of Municipal Wastewater], Issue: March 2006, German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), Hennef, Germany

EMWIS (2007): Final report on wastewater reuse - Annex B - Case studies, Nov. 2007, Ergebnisse der Arbeitsgruppe Abwasserwiederverwendung, Euro-Mediterranean Information System on Know-how in the Water Sector, <www.emwis.net/topics/waterreuse>

ENGELHARDT, N. (2006): Die Membranbelebungsanlage Nordkanal [The membrane activated sludge plant Nordkanal], Wiener Mitteilungen, Band 195, Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen, ISBN 3852340861

FRECHEN, F. B. (2006): Leistung und Kosten des Membranbelebungsverfahrens [Performance and costs of the mebrane aeration process], DWA WasserWirtschafts-Kurs M/2 vom 11.-13. October 2006, ISBN 3-939057584

GRÜNEBAUM, T.; WEYAND, M. (1995): Reduzierung der Betriebskosten bei der Abwasserbehandlung [Reduction of the operating costs with wastewater treatment], 47. Darmstädter Seminar - Abwassertechnik - 15 November 1995, Schriftenreihe WAR, Band 86, TH Darmstadt, ISBN 3-923419791, p. 155-178

GÜNDER, B. (2001): Das Membranbelebungsverfahren in der kommunalen Abwasserbehandlung, Kommunale Kläranlagen [The membrane aeration process in municipal wastewater treatment, municipal wastewater treatment plants], 2nd Edition, Technische Akademie Esslingen, Expert Verlag, ISBN 3816919944, p. 173-192

GÜNTHERT, F. W.; REICHERTER, E. (2001): Investitionskosten der Abwasserreinigung [Investment costs for wastewater treatment], Oldenbourg Industrieverlag GmbH, ISBN 3486265075

GTZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT MBH, EMSCHER GESELLSCHAFT FÜR WASSERTECHNIK MBH (2006): Ausbildungsprogramm ONA, Algerien (PPP-Maßnahme), Schlussdokumentation, Zeitraum: 01.01. – 31.12.2006 [Training programme ONA, Algeria (PPP measures), Final document, period 01.01. – 31.12.2006], Komponente 3 des Programms der Technischen Zusammenarbeit „Integrierte Wasserwirtschaft Algerien“

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Fourth Assessment Report, Summary for Policymakers, Working Group II of the IPCC, Brussels, April 2007

IRC – INTERNATIONAL WATER AND SANITATION CENTRE (2004): Waste stabilization ponds for wastewater treatment, <http://www.irc.nl/page/8237>

JIMENEZ, B.; ASANO, T. (2008): Water Reuse: An International Survey, Contrasts, issues and needs around the world, Editors: Blanca Jimenez and Takashi Asano, IWA Publishing, London, 2007, planned publication date: 1.2.2008, ISBN: 1843390892

LABER, J. (2001): Bepflanzte Bodenfilter zur weitergehenden Reinigung von Oberflächenwasser und Kläranlagenabläufen [Planted soil filters for advanced treatment of surface waters and wastewater treatment plant effluents] , Wiener Mitteilungen, Band 167, ISBN 3-85234-058-6

LENZ, G. (2004): Qualifikation des Betriebspersonals auf Kläranlagen [Qualification of operating personnel in wastewater treatment plants], Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

LÜTZNER, K. (2002): Ein Beitrag zur Bilanzierung von Bodenfiltern [A contribution for the balancing of soil filters], Dresdner Berichte 21, TU Dresden, ISSN 1615083X

MED-EUWI – MEDITERRANEAN EU WATER INITIATIVE (2007): Mediterranean Wastewater Reuse Report, Joint Mediterranean EIWI/WFD Process, Produced by the Mediterranean Wastewater Reuse Working Group, Nov. 2007, <http://www.emwis.net/topics>

MURL – MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (1999): Handbuch – Energie in Kläranlagen [Manual – Energy in wastewater treatment plant] , Düsseldorf, September 1999

NOWAK, J. (2005): Abwasserbehandlung in bepflanzten Bodenfiltern [Wastewater treatment in planted soil filters] – Arbeitsblatt DWA-A 262 (Bemessung, Bau und Betrieb), 2005, DWA WasserWirtschafts-Kurs L/6 Abwasserentsorgung im ländlichen Raum, ISBN 3-939057002

ORTH, H. (2005): Länderbericht USA. In: Anforderungen an die Abwassertechnik in anderen Ländern, Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 02WA0452, Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil II: Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung [Country Report USA. In: Requirements on wastewater technology in other countries, Final Report on BMBF Project 02WA0452], Publ.: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Bochum, ISBN: 3-9810255-0-4

RUDOLPH, K.-U.; SCHÄFER, D. (2001): Untersuchungen zum internationalen Stand und der Entwicklung Alternativer Wassersysteme [Investigations into the international status and the development of alternative water systems], Publ.: Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF-Forschungsvorhaben 02WA0074, October 2001

RUHRVERBAND (1992): Seminar über Schönungsteiche [Seminar on polishing ponds] am 19. November 1992 beim Ruhrverband in Essen

SALA, L.; MUJERIEGO, R.; SERRA, M.; ASANO, T. (2002): Spain sets the example, Water 21, August 2002, p. 18-20

SCHLEYPEN, P. (2005): Isar-Badegewässerqualität [Isar – bathing water quality. Presentation], Vortrag beim Wasserwirtschaftlichen Kolloquium an der Universität der Bundeswehr München

SCHNEIDER, T. (2005): Länderbericht Jordanien. In: Anforderungen an die Abwassertechnik in anderen Ländern, Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 02WA0452 [Country Report Jordan. In: Requirements on wastewater technology in other countries, Final Report on BMBF Project 02WA0452], Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil II: Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung, Hrsg.: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Bochum, ISBN: 3-9810255-0-4

STATISTISCHES BUNDESAMT (2006): Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Kap. 12.4 in Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 2006 [Water supply and wastewater disposal, Chap. 12.4 in the Statistical Yearbook for the Federal Republik of Germany], Statistisches Bundesamt Deutschland, ISBN-13: 978-3-8246-0773-0

STROHMEIER, A. (1998): Filtrationsanlagen, Kommunale Kläranlage [Filtration systems, municipal wastewater treatment plants], Technische Akademie Esslingen, Expert Verlag, ISBN 3816914063, p. 246-266

UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (2006): Water – A Shared Responsibility, The United Nations World Water Development Report 2, UNESCO Publishing, Paris/Berghahn Books, New York, ISBN: 978-92-3-104006-1

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2007): Global Environment Outlook: Environment for Development (GEO-4), <www.unep.org/geo/geo4/>

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C.A.L. (2006): Wastewater treatment in warm climates, Water 21, April 2006

WEDI, D.; WILD, W.; RESCH, H. (2005): Betriebsergebnisse der MBR Monheim – Abwasserreinigung und Erhalt der Permeabilitäten mittels chlorfreier chemischer Reinigung [Operating results of the MBR Monheim – Wastewater treatment and maintenance of the permeability using chlorine-free chemical treatment]. In: Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung – Perspektiven, Neuent-wicklungen und Betriebserfahrungen im In- und Ausland, 6. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik, Aachen 2005, Beitrag A9, Publ.: T. Melin, J. Pinnekamp, M. Dohmann, ISBN 3-86130-775-8

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey-water, World Health Organization, Geneva, 2006, published in four volumes.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006a): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey-water, Volume 2: Wastewater use in agriculture, World Health Organization, Geneva, 2006, ISBN: 92-4-154683-2

Annex Assessment Matrix of Treatment Steps of Water for Reuse

Mechanical treatment

Aspect			Line No	Mechanical treatment									
				Screening						Sedimentation			
				with precipitation / flocculation		without precipitation / flocculation		micro-sieving 10 µm		with precipitation / flocculation		without flocculation	
Health risk	Operating personnel water treatment facility		1	high (handling of chemicals)	25	medium	25	low	27	high (handling of chemicals)	28	medium	28
	Users of reused water		2	low (only as pre-treatment stage)	25	low (only as pre-treatment stage)	25	low (disinfection necessary)	27	low (only as pre-treatment stage)	28	low (only as pre-treatment stage)	28
Economic efficiency	Investment costs	Surface requirement	3	low	25	low	25	low	27	low (0.04-0.06 m²/PT)	6	low (0.02-0.04 m²/PT)	6
		Structural engineering	4	medium (400-1000 €/(m³/h) + flocculation)	2	low (400-1000 €/(m³/h))	2	low	27	medium (250-1000 €/PT settling tank + 1-80 €/PT precipitation)	3	medium (250-1000 €/PT für settling tank)	3
		Mechanical engineering	5	low	25	low	25	medium	27	low	34	low	34
		E+MCR technology	6	low	25	low	25	low	27	low	34	low	34
	Operating costs	Personnel requirement / costs	7	low	25	low	25	low	27	low	34	low	34
		Energy requirement / costs	8	medium (0.0117-0.017 kWh/m³)	27	medium (0.009-0.013 kWh/m³)	27	low	27	low (~0.002 kWh/m³)	5	low (~0.001 kWh/m³)	5
		Disposal of residues	9	high	25	medium	25	low	27	high	34	medium	34
		Operating resources (precipitant etc.)	10	high	25	low (no operating resources)	25	low	27	high	34	low (no operating resources)	34
		Preventative maintenance costs	11	low	25	low	25	low	27	low	34	low	34
Effects on the environment through operation of the facility	CH_4-Emission		12	none	25	none	25	none	27	low (only with long sedimentation times slight methane formation through anaerobic degradation process possible)	30	low (only with long sedimentation times slight methane formation through anaerobic degradation process possible)	30
	Odour nuisance		13	high	29	high	29	low	27	low	29	medium	29
	Sounds / noisiness		14	low	29	low	29	low	27	low	29	low	29
	Aerosols		15	low	29	low	29	medium	27	low	29	low	29
	Insects (worms, flies, etc.)		16	high	29	high	29	low	27	medium	29	low	29
Requirements on operating personnely	Operability /operational expenditure		17	medium	31	low	25	medium	31	medium	31	low	31
	Preventative maintenance expenditure		18	medium	31	low	25	medium	31	medium	31	low	31
	Required training for operating personnels		19	medium	29	low	29	medium (trained personnel required)	27	medium	29	low	29
Plant technology	Degree of mechanisation		20	low / medium	25	low	25	high	27	medium	27	low	27
	Robustness		21	high	25	high	25	medium	27	medium	27	high	27
	Process stability		22	high	25	high	25	medium	27	high	27	high	27
	Ability to influence the discharge quality operationally		23	medium	25	low	31	low	31	medium	31	low	31
	Discharge quality (treatment perfor-mance)	COD / BOD eliminationy	24	medium (maximum 60 %)	25	low (maximum 25 %)	25	low (> 10 % or < 60 mg/l)	27	medium / high (55-75 % COD; 45-80 % BOD)	6	medium (25-35 % COD; 30-35 % BOD)	6
		SS reduction	25	high (maximum 95 %)	25	high (85 %)	25	medium (> 30 % or < 10 mg/l)	27	medium / high (60-90 %)	6	medium (55-65 %)	6
		Nutrient elimination: ammonium	26	low (ca. 10 %)	34	low (ca. 10 %)	34	low	27	low (<30 %)	6	low (<30 %)	6
		Nutrient elimination: nitrate	27	no influence (0 %)	25	no influence (0 %)	25	low	27	no influence (0 %)	34	no influence (0 %)	3
		Nutrient elimination: phosphorus	28	high	25	low (<10 %)	25	low	27	high (75-90 %)	6	medium / low (<35 %)	6
		Reductions of pathogens: viruses	29	low	34	low	34	no detail	27	low (1 - 2 log steps)	1	low (0 - 1 log steps)	1
		Reductions of pathogens: bacteria	30	low	34	low	34	no detail	27	low (1 - 2 log steps)	1	low (0 - 1 log steps)	1
		Reductions of pathogens: protozoa	31	low	34	low	34	no detail	27	low (1 - 2 log steps)	1	low (0 - 1 log steps)	1
		Reductions of pathogens: helminths	32	low	34	low	34	no detail	27	medium (1 - 3 log steps)	1	low (0 - <1 log steps)	1
		Colour / odour	33	no influence	25	no influence	25	no influence	27	low with longer sedimentation times odour through anaerobic degradation processes possible)	30	low with longer sedimentation times odour through anaerobic degradation processes possible)	30
		Residual turbidity	34	low	25	medium	25	low	27	low	34	medium	34
		Salting up due to treatment	35	medium (salting through precipitation chemicals)	25	no influence	25	no influence	27	high (salting through precipitation chemicals)	30	no influence	30
	Accumulation of residues		36	medium (country-specific; 15-70 l/(PT·a))	27	medium (country-specific; 15-60 l/(PT·a))	27	low	27	high (730-2500 l/(PT·a) un-stabilised, liquid or 40-110 l/(PT·a) dewatered sludge)	6	low (330-730 l/(PT·a) un-stabilised, liquid or 15-40 l/(PT·a) dewatered sludge)	6
Irrigation technology	Root irrigation		37	not suitable	25	not suitable	25	suitable	27	not suitable	10	not suitable	10
	Trickling irrigation		38	not suitable	25	not suitable	25	suitable	27	not suitable	10	not suitable	10
	Sprinkler / spray systems		39	suitable (requires disinfection	25	not suitable	25	suitable	27	suitable (requires disinfection	10	suitable (requires disinfection	10
	Flooding		40	suitable	25	suitable	25	suitable	27	suitable	10	suitable	10
Types of use	Agricultural irrigation		41	possible	29	not recommended	29	recommended	27	possible	29	possible	29
	Non-potable water (e.g. toilet flushing)		42	not recommended	25	not possible	25	possible	27	not recommended	29	not possible	29
	Urban uses (e.g. irrigation. water for fire-protection)		43	not recommended	25	not possible	25	possible	27	not recommended	29	not possible	29
	Forestry irrigation		44	possible	25	possible	25	recommended	27	possible	29	possible	29

Wastewater ponds, wastewater storage and treatment tanks

Aspect				Line No	Wastewater ponds						Wastewater storage and treatment tank	
					aerated / aerobic with sedimentation pond		unaerated / anoxic / anaerobic		downstream polishing pond			
Health risk	Operating personnel water treatment facility			1	low	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
	Users of reused water			2	medium (disinfection necessary)	26.33	medium (disinfection necessary)	26.33	medium (disinfection necessary)	26.33	low (with long retention time)	26.33
Economic efficiency	Investment costs	Surface requirement		3	high (0.25-0.5 m^2/PT)	6	high (1.2-3.0 m^2/PT)	6	high (3.0-5.0 m^2/PT)	6	high	6
		Structural engineering		4	low (300-1000 €/PT)	26.33	low (300-1000 €/PT)	26.33	low (300-1000 €/PT)	26.33	medium	26.33
		Mechanical engineering		5	low	2	low	2	low	26.33	low	26.33
		E+MCR technology		6	low	2	low	2	low	26.33	low	26.33
	Operating costs	Personnel requirement / costs		7	low	4	low	4	low	34	low	26.33
		Energy requirement / costs		8	medium	33	low	33	low	33	low	26.33
		Disposal of residues		9	medium	26.33	medium	26.33	low	26.33	low	26.33
		Operating resources (precipitant etc.)		10	low (no operating resources)	26.33	low (no operating resources)	26.33	low (no operating resources)	26.33	low (no operating resources)	26.33
		Preventative maintenance costs		11	low	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
Effects on the environment through operation of the facility	CH_4-Emission			12	medium (methane formation in settling areas trough anaerobic degradation process)	26.33	high (considerable methane formation through anaerobic degradation process)	26.33	low (possible methane formation through degradation of residual loads and sludge)	26.33	high (considerable methane production through anaerobic degradation processes)	26.33
	Odour nuisance			13	low	26.33	high (dependent on operation)	26.33	low	26.33	low	26.33
	Sounds / noisiness			14	medium (dependemt on aeration	26.33	none	26	none	26	none	26
	Aerosols			15	medium (dependemt on aeration plant))	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
	Insects (worms, flies, etc.)			16	high (mosquitos)	26.33	high (mosquitos)	26.33	high (mosquitos)	26.33	high (mosquitos)	26.33
Requirements on operating personnely	Operability /operational expenditure			17	low	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
	Preventative maintenance expenditure			18	low	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
	Required training for operating personnels			19	low	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
Plant technology	Degree of mechanisation			20	low	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
	Robustness			21	high	26.33	high	26.33	high	26.33	high	26.33
	Process stability			22	high	26.33	high	26.33	high	26.33	high	26.33
	Ability to influence the discharge quality operationally			23	low	26.33	low	26.33	low	26.33	low	26.33
	Discharge quality (treatment perfor-mance)	COD / BOD elimination		24	medium / high (65-80 % COD; 75-85 % BOD)	6	medium / high (65-80 % COD; 75-85 % BOD)	6	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	26.33	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	10
		SS reduction		25	high (70-80 %)	6	high (70-80 %)	6	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	26.33	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	10
		Nutrient elimination	ammonium	26	low (< 30 %)	6	medium (< 50 %)	6	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	26.33	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	10
			nitrate	27	low (< 30 % N_{tot})	6	medium (< 60 % Ntot)	6	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	26.33	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	10
			phosphorus	28	medium / low (< 35 %)	6	medium / low (< 35 %)	6	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	26.33	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	10
		Reductions of pathogens	viruses	29	low (1 - 2 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 4 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 4 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 4 log steps, dependent on retention time)	1
			bacteria	30	low (1 - 2 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 6 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 6 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 6 log steps, dependent on retention time)	1
			protozoa	31	low (0 - 1 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 4 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 4 log steps, dependent on retention time)	1	high (1 - 4 log steps, dependent on retention time)	1
			helminths	32	medium (1 - 3 log steps, dependent on retention time)	1	medium (1 - 3 log steps, dependent on retention time)	1	medium (1 - 3 log steps, dependent on retention time)	1	medium (1 - 3 log steps, dependent on retention time)	1
		Colour / odour		33	medium (colouration due to algae and bacteria)	26.33	high (colouration through algae and bacteria / odour through anaerobic degradation processes)	26.33	medium (colouration due to algae and bacteria)	26.33	medium (colouration due to algae formation and bacteria)	26.33
		Residual turbidity		34	medium	26.33	medium	26.33	medium	26	low	26.33
		Salting up due to treatment		35	medium (danger of salting uo through evaporation)	26.33	medium (danger of salting uo through evaporation)	26.33	medium (danger of salting uo through evaporation)	26.33	medium (danger of salting uo through evaporation)	26.33
	Accumulation of residues			36	medium (periodic sludge clearance)	26.33	medium (periodic sludge clearance)	26.33	low (periodic sludge clearance)	26.33	low (periodic sludge clearance)	26.33
Irrigation technology	Root irrigation			37	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10
	Trickling irrigation			38	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10
	Sprinkler / spray systems			39	less suitable (requires disinfection)	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10
	Flooding			40	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10
Types of use	Agricultural irrigation			41	possible	26.33	possible	26.33	possible	26.33	possible	26.33
	Non-potable water (e.g. toilet flushing)			42	not recommended	26.33	not recommended	26.33	not recommended	26.33	not recommended	26.33
	Urban uses (e.g. irrigation. water for fire-protection)			43	not recommended	26.33	not recommended	26.33	not recommended	26.33	not recommended	26.33
	Forestry irrigation			44	possible	26.33	possible	26.33	possible	26.33	possible	26.33

UASB (Anaerobic upflow sludge blanket reactors), activated sludge processes, biological filters, reed beds

Aspect				Line No	UASB (Anaerobic upflow sludge blanket reactors)		Activated sludge process				Trickling filter		Helophyte treatment plants	
							C removal		Nutrient elimination					
Health risk	Operating personnel water treatment facility			1	low	28	low	28	high (handling of chemicals)	28	low	28	low	28
	Users of reused water			2	low (only as pre-treatment stage)	28	medium (disinfection required)	28	medium (disinfection required)	28	medium (disinfection required)	28	medium (disinfection required)	28
Economic efficiency	Investment costs	Surface requirement		3	low (0.03-0.1 m^2/PT)	6	low (0.12-0.25 m^2/PT)	6	low (0.12-0.25 m^2/PT)	6	low (0.12-0.3 m^2/PT)	6	high (3-5 m^2/PT)	6
		Structural engineering		4	medium	26	medium (100-800 €/PT)	2	medium (200-900 €/PT)	2	medium (200-600 €/PT)	2	high (1000-2000 €/PT)	24
		Mechanical engineering		5	medium	30	medium (40-80 €/PT)	2	medium (40-80 €/PT)	2	low	2	low	24
		E+MCR technology		6	medium	30	high	2	high	2	low	2	low	24
	Operating costs	Personnel requirement / costs		7	low	30	medium (5-10 €/(PT·a))	8	medium (5-10 €/(PT·a))	8	low	4.9	low (50-130 €/(PT·a))	24
		Energy requirement / costs		8	low	30	high (~0.110 kWh/m^3)	5	high (~0.190 kWh/m^3)	5	medium (~0.085 kWh/m^3)	5		
		Disposal of residues		9	low	30	medium (10-20 €/(PT·a))	8	medium (10-20 €/(PT·a))	8	low	4.9		
		Operating resources (precipitant etc.)		10	low (no operating resources)	30	medium (1-2.5 €/(PT·a))	8	medium (1-2.5 €/(PT·a))	8	low	4.9		
		Preventative maintenance costs		11	low	32	medium (2.5-5 €/(PT·a))	8	medium (2.5-5 €/(PT·a))	8	low	4.9		
Effects on the environment through operation of the facility	CH_4-Emission			12	high (the methane load dissolved in the treated water (the more the higher the temp.)evaporates)	30	none	30	none	30	none (only if air flow insufficient possible formation of anaerobic zones with methane development)	30	low (formation of anaerobic zones with methane development possible)	26
	Odour nuisance			13	low	30	medium	29	low	29	medium	30	low	30
	Sounds / noisiness			14	low	30	medium / high (dependent on plant technology)	29	medium / high (dependent on plant technology)	29	none	26	none	26
	Aerosols			15	low	30	low / high (dependent on plant technology)	29	low / high (dependent on plant technology)	29	low	30	low	30
	Insects (worms, flies, etc.)			16	low	30	low	29	low	29	high	30	high	30
Requirements on operating personnely	Operability /operational expenditure			17	medium	30	medium	31	high	31	medium	30	low	30
	Preventative maintenance expenditure			18	medium	30	medium	31	high	31	medium	30	low (periodic cutting of the plants)	30
	Required training for operating personnels			19	medium	30	medium	29	high	29	medium	30	low	30
Plant technology	Degree of mechanisation			20	low	27	high	27	high	27	medium	30	low	27
	Robustness			21	low	27	high	27	high	27	high	27	low\medium	27
	Process stability			22	low	27	high	27	high	27	high	27	high	27
	Ability to influence the discharge quality operationally			23	medium	30	high	30	high	30	medium	30	low	30
	Discharge quality (treatment perfor-mance)	COD- / BOD elimination		24	medium / high (50 to 85-95 %)	30	high (80-90 % COD; 85-93 %	6	high (80-90% COD; 85-93%	6	high (70-90 % COD; 80-93 BOD.)	6	high (75-85 % COD; 80-90 %	6
		SS reduction		25	medium / high (65-80 %)	6	high (87-93 %)	6	high (87-93 %)	6	high (87-93 %)	6	high (87-93 %)	6
		Nutrient elimination	ammonium	26	medium (< 50%)	6	low (ca. 20 %)	3	high (> 80 %)	6	medium / high (50-85 %)	6	medium / high (40-98 % with seasonal variations)	29
			nitrate	27	medium (< 60 % Ntot)	6	no effect (0 %)	3	high (ca. 80 %)	34	medium (< 60 % N_{tot})	6	low (0-17 %)	24
			phosphorus	28	medium / low (<35 %)	6	Low (30 % wo. precipitation) / high (ca. 90 % with precipitation)	3	Low (30 % wo. Precipitation) / high (ca. 90 % with precipitation)	3	low (< 20 %) without preciptation/high with precipitation	4.9	medium / high (30-95 % depending on age)	29
		Reductions of pathogens	viruses	29	low (0 - 1 log steps)	1	low (0 - 2 log steps)	1	low (0 - 2 log steps)	1	low (0 - 2 log steps)	1	low (1 - 2 log steps)	1
			bacteria	30	low (0.5 - 1.5 log steps)	1	low (1 - 2 log steps)	1	low (1 - 2 log steps)	1	low (1 - 2 log steps)	1	medium / low (0.5 - 3 log steps.)	1
			protozoa	31	low (0 - 1 log steps)	1	low (0 - 1 log steps)	1	low (0 - 1 log steps)	1	low (0 - 1 log steps)	1	low (0.5 - 2 log steps)	1
			helminths	32	low (0.5 - 1 log steps)	1	low (1 - < 2 log steps)	1	low (1 - < 2 log steps)	1	low (1 - 2 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1
		Colour / odour		33	high (formation of odour substances due to anaerobic degradation)	30	low (with correct operation)	30	low (with correct operation)	30	low (possible formation of odour substances under anaerobic conditions)	30	low (possible formation of odour substances under anaerobic conditions)	30
		Residual turbidity		34	medium	30	medium	26	medium	34	medium	30	medium	30
		Salting up due to treatment		35	no effect	30	low	30	medium (salting up due to precipitation chemicals for P removal)	30	low (danger of salting up through precipitant or water evaporation only with higher recirculation rate, strong sunrays, lower air humidity)	30, 34	low (danger of salting up through evapo-transpiration via the plants)	30
	Accumulation of residues			36	low (70-220 l/(PT·a) un-stabilised, liquid or 10-35 l/(PT·a) dewatered sludge)	6	high (1100-3000 l/(PT·a) un-stabilised, liquid or 35-90 l/(PT·a) dewatered sludge)	6	high (1100-3000 l/(PT·a) un-stabilised, liquid or 35-90 l/(PT·a) dewatered sludge)	6	medium (360-1900 l/(PT·a) un-stabilised, liquid sludge or 35-80 l/(PT·a) dewatered sludge)	6	medium / high (plant cutting)	30
Irrigation technology	Root irrigation			37	not relevant (pre-treatment only)	10	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10	less suitable (necessary filtration)	10	less suitable (necessary filtration)	10
	Trickling irrigation			38	not relevant (pre-treatment only)	10	suitable (requires filtration)	10	suitable (requires filtration)	10	less suitable (necessary filtration)	10	less suitable (necessary filtration)	10
	Sprinkle / spray systems			39	not relevant (pre-treatment only)	10	suitable (requires disinfection)	10	suitable (requires disinfection)	10	suitable (requires disinfection)	10	suitable (requires disinfection)	10
	Flooding			40	not relevant (pre-treatment only)	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10
Types of use	Agricultural irrigation			41	not recommended	30	recommended	29	recommended	29	possible	30	possible	30
	Non-potable water (e.g. flushing of toilets)			42	not possible	30	not recommended	29	possible	29	not recommended	30	not recommended	30
	Urban uses (e.g. irrigation. water for fire-protection)			43	not possible	30	not recommended	29	possible	29	not recommended	30	not recommended	30
	Forestry irrigation			44	possible	30	recommended	29	recommended	29	possible	30	possible	30

Filtration (downstream), precipitation/flocculation (downstream), membrane technology

Aspect				Line No	Filtration (downstream)						Precipitation / flocculation (downstream)		Membrane technology			
					Quick filtration (coarse)		Slow sand filtration		Double layer filtration				UF / MF		NF / RO	
Health risk	Operating personnel water treatment facility			1	Filtration (downstreamt)	28	low	28	low	28	high (handling of chemicals)	28	high (handling of chemicals)	28	high (handling of chemicals)	28
	Users of reused water			2	medium (disinfection necessary)	28	medium (disinfection necessary)	28	medium (disinfection necessary)	28	medium (disinfection necessary)	28	low	28	low	28
Economic efficiency	Investment costs	Surface requirement		3	low	30	low	30	low	30	low	30	low	30	low	30
		Structural engineering		4	low (25-60 €/PT)	11	low (25-60 €/PT)	11	low	32	low	32	high (4000-8000 €/(m³/h))	12,13, 14,15	high	34
		Mechanical engineering		5					low	34	low	32			high	34
		E+MCR technology		6					low	34	low	32			high	34
	Operating costs	Personnel requirement / costs		7	low	11	low	11	low	34	low	32	medium (0.26-0.4 €/m³)	12,13, 14,15	high	34
		Energy requirement / costs		8	low	33	low	33	low	33	low (~ 0.001 kWh/m³)	5			high (0.45-0.70 $/m³ desalination)	10
		Disposal of residues		9	low	11	low	11	low	34	medium	32			high	34
		Operating resources (precipitant etc.)		10	low	11	low	11	low	34	medium	32			high	34
		Preventative maintenance costs		11	medium	11	medium	11	medium	34	medium	32			high	32
Effects on the environment through operation of the facility	CH_4-Emission			12	nore	30	none	30	none	30	none	30	none	30	none	30
	Odour nuisance			13	low	27	low	27	low	27	low	30	low	30	low	30
	Sounds / noisiness			14	low	27	low	27	low	27	low	30	low	30	low	30
	Aerosols			15	low	27	low	27	low	27	low	30	none	30	none	30
	Insects (worms, flies, etc.)			16	medium	27	medium	27	medium	27	low	30	none	30	none	30
Requirements on operating personnely	Operability /operational expenditure			17	medium	31	medium	31	medium	31	medium	30	high	30	high	30
	Preventative maintenance expenditure			18	high	31	high	31	high	31	medium	30	high	30	high	30
	Required training for operating personnels			19	high (trained personnel necessary)	27	high (trained personnel necessary)	27	high (trained personnel necessary)	27	high (trained personnel necessary)	30	high (trained personnel necessary)	30	high (trained personnel necessary)	30
Plant technology	Degree of mechanisation			20	low	27	medium	27	medium	27	low	27	high	27	high	27
	Robustness			21	medium	27	medium	27	high	27	high	27	medium	26	medium	27
	Process stability			22	high	27	high	27	high	27	high	27	high	27	high	27
	Ability to influence the discharge quality operationally			23	high	30	high	30	high	30	high	30	high	30	high	30
	Discharge quality (treatment perfor-mance)	COD /BOD elimination		24	low (> 20 % or < 40 mg/l)	11	low (> 20 % or < 40 mg/l)	11	low (> 20 % or < 40 mg/l)	11	low	30	high (with aeration ca. 89-96 % or COD < 30 mg/l, BOD < 5 mg/l)	12,13, 14,15	not relevant (post-treatment only)	30
		SS reduction		25	medium / high (> 50 % or < 5 mg/l)	11	medium / high (> 50 % or < 5 mg/l)	11		11	high	30	high (almost 100 %)	12,13, 14,15	high	26
		Nutrient elimination	ammonium	26	medium (< 5 mg/l)	11	medium (< 5 mg/l)	11	medium (< 5 mg/l)	11	low (ca. 10 %)	3	high (with aeration ca. 90 % or 0.1-2 mg/l)	12,13, 14,15	not relevant (post-treatment only)	30
			nitrate	27	high (< 10 mg/l)	11	high (< 10 mg/l)	11	high (< 10 mg/l)	11	no influence (0 %)	3	medium / high (4.5 mg/l)	12,13, 14,15	not relevant (post-treatment only)	30
			phosphorus	28	medium (30 % without flocculation) / high (ca. 70 % or < 0.3 mg/l with flocculation)	11	medium (30 % without flocculation) / high (ca. 70 % or < 0.3 mg/l with flocculation)	11	medium (30 % without flocculation) / high (ca. 70 % or < 0.3 mg/l with flocculation)	11	high	3	high (with precipitation ca. 90 % or 0.5-0.7 mg/l)	12,13, 14,15	not relevant (post-treatment only)	30
		Reductions of pathogens	viruses	29	medium (1 - 3 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1	high (2.5 - >6 log steps)	1	high (2.5 - >6 log steps)	1
			bacteria	30	medium (0 - 3 log steps)	1	medium (0 - 3 log steps)	1	medium (0 - 3 log steps)	1	low (0 - 1 log steps)	1	high (3.5 - >6 log steps)	1	high (3.5 - >6 log steps)	1
			protozoa	31	medium (0 - 3 log steps)	1	medium (0 - 3 log steps)	1	medium (0 - 3 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1	high (> 6 log steps)	1	high (> 6 log steps)	1
			helminths	32	medium (1 - 3 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1	low (2 log steps)	1	high (> 3 log steps)	1	high (> 3 log steps)	1
		Colour / odour		33	no influence	30	no influence	30	no influence	30	no influence	30	no influence	30	no influence	30
		Residual turbidity		34	low	11	low	11	low	11	low	3	low	34	low	30
		Salting-updue to the treatment		35	no influence	30	no influence	30	no influence	30	medium (salting-up due to precipitant chemicals)	30	medium (salting-up due to precipitant chemicals)	34	no influence (but heavily salted concentrate for disposal)	30
	Accumulation of residues			36	low	30	low	30	low	30	low	30	low (550-1100 l/(PT·a) stabilised, fluid or 17-34 l/(PT·a) dewatered sludge)	3	medium (heavily salted concentrate for disposal)	30
Irrigation technology	Root irrigation			37	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10
	Trickling irrigation			38	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10
	Sprinkler / spray systems			39	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10
	Flooding			40	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10	suitable	10
Types of use	Agricultural irrigation			41	recommended	27	recommended	27	recommended	27	recommended	30	recommended	30	recommended	30
	Non-potable water (e.g. toilet flushing)			42	possible	27	possible	27	possible	27	possible	30	recommended	30	recommended	30
	Urban uses (e.g. irrigation, water for fire-protection)			43	possible	27	possible	27	possible	27	possible	30	recommended	30	recommended	30
	Forestry irrigation			44	recommended	27	recommended	27	recommended	27	recommended	30	recommended	30	recommended	30

Desinfection

Aspect				Line No	Disinfection											
					Membrane (UF)		UV		Ozone		Soil filter		Polishing pond		Chlorine	
Health risk	Operating personnel water treatment facility			1	high (handling of chemicas)	28	medium	26	high (handling of chemicals)	28	low	28	low	28	high (handling of chemicals)	28
	Users of reused water			2	low	28	low	28	low	28	low	28	medium (post-disinfection necessary)	26	low (only with over-chlorination)	26
Economic efficiency	Investment costs	Surafce requirement		3	low	30	low	30	low	30	high	30	high	30	low	30
		Structural enginnering		4	high	34	low (7-41 €/EW)	16	high (0.52 €/m³)	17	high	18,19,20,21	low	22,23	low	34
		Mechanical engineering		5	high	34	medium	26	high	32	low	18,19,20,21	low	22,23	medium (Safety technology)	26
		E+MCR technology		6	high	34	medium	26	high	17	low	18,19,20,21	low	22,23	low	34
	Operating costs	Personnel requirement / costs		7	high (0.2-0.8 €/m3)	7	low (0.03-0.05 €/m3)	7	medium (0.05-0.2 €/m3)	7	low	18,19,20,21	low	22,23	low (0.04-0.06 €/m³)	7
		Energy requirement / costs		8							low	18,19,20,21	low	22,23		
		Disposal of residues		9							low	18,19,20,21	low	22,23		
		Operating resources (precipitants etc.)		10							low	18,19,20,21	low	22,23		
		Preventative maintenance costs		11							low	18,19,20,21	low	22,23		
Effects on the environment due to operation of the facility	CH_4 emission			12	none	26	none	26	none	26	none	26	small (possible methane formation with anaerobic degradation of residual loads and sludge)	30	none	26
	Odour nuisance			13	low	30	low	30	low	30	low	30	low	30	low	30
	Sound / noisiness			14	low	30	none	26	low	30	none	26	none	26	none	26
	Aerosols			15	none	30	none	30	none	30	low	30	low	30	none	30
	Insectes (worms, flies etc.)			16	none	30	none	30	none	30	medium	30	high (mosquitos)	30	none	30
Requirements son operating personnel	Operability / operating expenditure			17	high	30	low	30	high	30	low	30	low	30	high	30
	Maintenance expense			18	high	30	medium	26	high	30	low	30	low	30	high	30
	Necessary training of operating personnel			19	high (trained personnel required)	30	medium	26	high (trained personnel required)	30	low	30	low	30	high (trained personnel required)	30
Plant technology	Decree of mechanisation			20	high	27	medium	27	medium	27	low	27	low	27	low	27
	Robustness			21	medium	27	high	27	medium	27	medium	26	low / medium	27	medium	26
	Process stability			22	high	27	high	27	high	27	high	27	medium / high	26	high	27
	Ability to influence the discharge quality operationally			23	high	30	high	30	high	30	low	30	low	30	high	30
	Discharge quality (treatment perfor-mance)	COD- / BOD elimination		24	not relevant (for post treatmert only)	30	no influence	34	not relevant (for post treatment only)	30	high (ca. 85%)	18,19,20,21	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	26	no influence	34
		SS reduction		25	high	26	no influence	34	not relevant (for post treatment only)	30	high (ca. 90%)	18,19,20,21	low (ditto)	26	no influence	34
		Nutrient elimination	Ammonium	26	not relevant (for post treatmert only)	26	no influence	34	not relevant (for post treatment only)	30	high (ca. 80%)	18,19,20,21	low (ditto)	26	no influence	34
			Nitrate	27	not relevant (for post treatmert only)	26	no influence	34	not relevant (for post treatment only)	30	low (10 % unplanted) / high (70 % unplanted)	18,19,20,21	low (ditto)	26	no influence	34
			Phosphorus	28	not relevant (for post treatmert only)	26	no influence	34	not relevant (for post treatment only)	30	medium (ca. 30 % unplanted) / high (ca. 80 % unplanted) performance sinks however with operating time	18,19,20,21	low (reduction residual loads / balancing of effluent peaks)	26	no influence	34
		Reduction of pathogens	Viruses	29	high (2.5 - > 6 log step)	1	medium (1 - > 3 log steps)	1	high (3 - 6 log steps)	1	medium / low (1.5 - 2.5 log steps)	18,19,20,21	high (1 - 4 log steps)	1	medium (1 - 3 log steps)	1
			Bacteria	30	high (3.5 - > 6 log step)	1	high (2 - > 4 log steps)	1	high (2 - 6 log steps)	1	medium / low (1,5 - 2,5 log steps)	18,19,20,21	high (1 - 6 log steps)	1	high (2 - 6 log steps)	1
			Protozoa	31	high (> 6 log step)	1	high (> 3 log steps)	1	low (1 - 2 log steps)	1	medium / low (1.5 - 2,5 log steps)	18,19,20,21	high (1 - 4 log steps)	1	low (0 - 1.5 log steps)	1
			Helminths	32	high (> 3 log step)	1	no influence	1	low (0 - 2 log steps)	1	medium	26	medium (1 - 3 log steps)	1	low (0 - <1 log steps)	1
		Colour / odour		33	no influence	30	low (decolouration possible)	30	low (removal of colour and odour substances)	30	medium (repossible formation of odour substances with anaerobic conditions)	30	medium (possible colouration due to algae; odour formation with anaerobic conditions)	30	medium (aggravation of odour and taste if residual chlorine contained in water)	30
		Residual turbidity		34	low	34	no influence	34	no influence	34	low	18,19,20,21	medium	30	no influence	34
		Salting up due to treatment		35	no influence	30	no influence	30	no influence	30	no influence	30	small (danger of salting up through water evaporation with longer retention times, stronger sunrays, larger water surface)	30	low	26
	Accumulationof residues			36	low (concentrate for disposal)	30	none	30	none	30	low	26	low (periodic sludge clearance)	30	none	30
Irrigation technology	Root irrigation			37	suitable											10
	Trickling irrigation			38	suitable											10
	Sprinkler / spray systems			39	suitable											10
	Flooding			40	suitable											10
Type of use	Agricultural irrigation			41	recommended											30
	Non-potable water (e.g. For flushing toilets)			42	recommended											30
	Urban uses (e.g. irrigation, water for fire-protection)			43	recommended											30
	Forestry irrigation			44	recommended											30

Legend

No.	Source
1	WHO, 2006a
2	GÜNTHERT and REICHERTER, 2001
3	ATV-DVWK, 2000
4	DWA-Landesverband [Federal State Association] Bayern, 2005
5	MURL, 1999
6	VON Sperling and CHERNICHARO, 2006
7	ATV, 1998
8	GRÜNEBAUM and WEYAND, 1995
9	LENZ, 2004
10	ALCALDE et al., 2004
11	STROHMEIER, 1998
12	WEDI, 2005
13	ENGELHARDT, 2006
14	GÜNDER, 2001
15	FRECHEN, 2006
16	SCHLEYPEN, 2005
17	CORNEL, 2006
18	LABER, 2001
19	NOVAK, 2005
20	DWA, 2006
21	LÜTZNER, 2002
22	IRC, 2004
23	RUHRVERBAND, 1992
24	BARJENBRUCH and Al JIROUDI, 2005
25	Working Group (joint assessment)
26	Tim FUHRMANN (personal assessment)
27	Hans HUBER (personal assessment)
28	Volker KARL (personal assessment)
29	Roland KNITSCHKY (personal assessment)
30	Alessandro MEDA and Peter CORNEL (personal assessment)
31	Hermann ORTH (personal assessment)
32	Holger SCHEER (personal assessment)
33	Florian SCHMIDTLEIN (personal assessment)
34	Christina SCHWARZ (personal assessment)

Appendix A Abbreviations (not part of the German version)

Translator's note:

While the main terms remain unchanged as they are recognised internationally, the abbreviations used reflect the English translation of the individual German parameter. For simplicity and clarity these have been chosen to match as far as possible the German indices. Where this is not possible the original German symbol is placed in square brackets after the English version. This procedure is not intended to create new symbols for the English-speaking engineering community but serves solely to make German symbols/indices comprehensible to non-German speakers.

Abbreviations		Definition
English	German	
BOD	[BSB]	Biochemical Oxygen Demand
COD	[CSB]	Chemical Oxygen Demand
DS	[TS]	Dry solids
E+MCR	[E+MSR]	Electro-, Measurement-, Control- and Regulation technology
N_{tot}	[N_{ges}]	total Nitrogen
SS	[AFS]	Suspended Solids
PT	[EW]	Total number of inhabitants and population equivalents

DWA-

Topics

مر حل معالجة لمياه لعادمة بهدف ٍعادة لاستخد م

May 2008

gtz

DWA

Translation of text from German to Arabic and French was funded by the German Government through the German Technical Cooperation Programme "Regional Cooperation with ESCWA in the Water Sector in Near East/North Africa" implemented by Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) on behalf of Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ).

إن الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات (DWA) هي الناطق الرسمي لجميع المسائل المتعلقة بالمياه في ألمانيا وهي أيضا مشاركة بشكل رئيسي في تطوير الإدارة المستدامة للمياه. وكونها منظمة مستقلة سياسيا واقتصاديا فإنها تعمل بشكل خاص في مجالات إدارة المياه والمياه العادمة والنفايات وحماية التربة.

في أوروبا تعتبر الـ DWA هي الرابطة العاملة في هذا المجال ويشارك فيها عدد كبير من الأعضاء ذوي الكفاءة العالية كما أن لها دور خاص في وضع المعايير وبرامج التدريب المهني وتوفير المعلومات للجمهور. وتضم الرابطة 14,000 عضوا يمثلون الخبراء والمدراء التنفيذيين من البلديات والجامعات والمكاتب الهندسية والهيئات الحكومية والمؤسسات التجارية.

وتتركز أنشطة الرابطة على تطوير وتحديث القوانين الفنية ووضع المعايير والمشاركة في وضع مواصفات المعايير الفنية على المستوى الوطني والدولي بالإضافة إلى المسائل الفنية والعلمية والمتطلبات الاقتصادية والقانونية لحماية البيئة والمجمعات المائية.

الناشر
الناشر والموزع:
DWA الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
هاتف: +49 2242 872-333
فاكس: +49 2242 872-100
البريد الالكتروني: kundenzentrum@dwa.de
شبكة الإنترنت: www.dwa.de

ترجمة:
د. عمر زمو

طباعة (النسخة العربية)
Druckhaus Köthen

ISBN:
978-3-9417089-83-9

مطبوعة على الورق المعاد تدويره بنسبة 100 ٪

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2009
الرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات

جميع الحقوق محفوظة بما فيها المترجمة إلى اللغات الأخرى ومن غير المسموح إعادة إنتاج هذا الكتاب أو أجزاء منه بأي شكل من الأشكال من خلال التصوير أو الميكروفيلم أو أي إجراء آخر مثل البرامج التي يمكن استخدامها في اللغة وأدوات معالجة البيانات من دون موافقة الناشر.

المقدمة

منذ سنوات وبشكل متزايد عرف الجميع إلى أن المياه على المستوى العالمي ستكون أكثر ندرة من البترول (النفط) و الغاز. و هناك معلومات متعددة كما ورد في التقرير البيئي لبرنامج منظمة الأمم المتحدة للبيئة عام 2007 بعنوان "GEO-4" مبينا بشكل واضح أسباب ذلك و هي: عدد سكان العالم و الذي يزيد عن ستة بليون شخص و مستوى الاستهلاك لجزء كبير من هؤلاء الناس الذي يتسبب في استهلاك الموارد بقدر يفوق قدرة الطبيعة على تعويضها. و لذلك فان الحل يكون من خلال الحد من استهلاك الموارد المائية وذلك من خلال إعادة استخدامها و إعادة تدويرها.

إن مصادر المياه العذبة في ألمانيا متوفرة بشكل كبير حاليا مما جعل تناول هذا الموضوع على مستوى ثانوي. ولكن نتيجة لمراقبة التحديات في السوق الدولية و زيادة المتطلبات للحصول على المعلومات من خلال القطاع الصناعي الألماني ووجود اللجنة المتخصصة و العاملة على الأنواع الجديدة لأنظمة الصرف الصحي فقد تأسست فرقة العمل BIZ-11.4 بعنوان "إعادة استعمال المياه" والتابعة للرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات (DWA).

لقد كان تحديد ووصف مراحل عملية تنقية المياه العادمة بغرض إعادة الاستعمال من إحدى مهام فرقة العمل. وتعلق الأمر بوجه خاص على العمليات التي يفتقر تطبيقاتها في ألمانيا بسبب عدم توفر خبره في هذا المجال. و لهذا و من خلال فرقة العمل فقد تم وضع مصفوفة و التي من خلالها تتوفر التطبيقات و الطرق العلمية لمعالجة المياه العادمة بهدف إعادة استعمالها.

من المؤكد أن النتائج من هذا العمل المشرف لمجموعة العمل BIZ-11.4 والتابعة لـ DWA ليست جزءا من مجموعة القواعد و المعايير الخاصة بـ DWA. ولكن مصفوفة التقييم وضعت من خلال رؤية معاصرة و لا يمكن الادعاء على أنها الأفضل و يجب العمل من اجل تطويرها بشكل أفضل و بهذا الخصوص تعرب فرقة العمل عن شكرها وامتنانها للإسهامات و المعلومات المختلفة التي تم استخدامها.

يتوفر للمستخدم جداول إكسيل في ملحق مصفوفة التقييم لمراحل عملية معالجة المياه العادمة بهدف إعادة الاستخدام من خلال الموقع الالكتروني <http://www.dwa.de/master/wastewater-reuse>. و يمكن للمستخدم الرجوع لهذه الجداول و تعديلها طبقا لمتطلباته واحتياجاته.

المؤلفون

إن هذا الموضوع و الصادر عن DWA تم وضعه من قبل فرقة العمل BIZ-11.4 والتابعة ل DWA بعنوان "إعادة استخدام المياه" و فيما يلي أسماء الأشخاص الذين شاركوا في إنتاج هذا الإصدار:

CORNEL, Peter	Prof. Dr.-Ing., Darmstadt
FIRMENICH, Edgar	Dipl.-Ing., Mannheim
FUHRMANN, Tim	Dipl.-Ing., Witten
HEIDEBRECHT, Rüdiger	Dipl.-Ing., Hennef
HUBER, Hans	Dr.-Ing. E.h. Dipl.-Ing., Berching (Sprecher)
KAMPE, Peter	Dipl.-Ing., Maintal
KARL, Volker	Dipl.-Ing., Frankfurt
MEDA, Alessandro	Dott.-Ing., Darmstadt
ORON, Gideon	Prof., Kiryat Sde-Boker, Israel (Gastbeitrag)
ORTH, Hermann	Prof. Dr.-Ing., Bochum
SCHEER, Holger	Dr.-Ing. habil., Essen
SCHMIDTLEIN, Florian	Dipl.-Ing., Bochum
SCHNEIDER, Thomas	Dipl.-Ing., Bochum
SCHWARZ, Christina	Dipl.-Ing., Neubiberg
WEISTROFFER, Klaus	Dipl.-Ing., Eschborn

منسق المشروع من قبل المكتب الرئيسي للرابطة الألمانية للمياه والصرف الصحي والنفايات

HEIDEBRECHT, Rüdiger — Dipl.-Ing., Hennef
Department of Training and International Cooperation
قسم التدريب والتعاون الدولي

المحتويات

المقدمة 37
المؤلفون 37
1 هدف مواضيع الإصدار 39
2 أهمية إعادة استخدام المياه 39
3 تصنيفات إعادة استخدام المياه العادمة 40
1.3 الجوانب الاجتماعية والثقافية والقبول 40
2.3 متطلبات التكنولوجيا 41
3.3 المتطلبات الإدارية البيانات والكفاءة التشغيلية للمحطات 41
4.3 الجوانب الصحية 42
5.3 القواعد القانونية ومراقبة الدولة 42
6.3 الفرص المتاحة في الأسواق لمشاريع إعادة استخدام المياه 43
7.3 التسعير والتمويل 43
.4 أمثلة على الاستخدام 44
1.4 تطبيقات عملية في ألمانيا 44
2.4 أمثلة مطبقة عالميا 45
.5 مصفوفة التقييم لخطوات عملية معالجة المياه العادمة بهدف إعادة الاستخدام 46
1.5 هدف المصفوفة 46
2.5 المحددات 46
3.5 بنية المصفوفة وتفسير البنود 47
جدول 1: عناوين الأسطر و معايير التقييم 48
1.3.5 الأسطر 1-2 "المخاطر الصحية" 49
2.3.5 الأسطر3-6 "الجدوى الاقتصادية تكلفة الاستثمار" 49
3.3.5 الأسطر 7-11 "الجدوى الاقتصادية – تكلفة التشغيل" 50
4.3.5 الأسطر 12-16 "التأثير على البيئة نتيجة تشغيل المحطة" 50
5.3.5 الأسطر 17 – 19 "متطلبات عمال التشغيل" 51
6.3.5 الأسطر من 20-36 "تكنولوجيا المحطات" 51
7.3.5 الأسطر 37-40 "تكنولوجيا الري" 53
المراجع 53
الملاحق: مصفوفة التقييم للخطوات العملية لمعالجة المياه العادمة بهدف إعادة استخدامها 56
ملحق (أ) المختصرات (ليست جزء من النسخة الانجليزية) 67

قائمة الجداول

جدول 1: عناوين الأسطر و معايير التقييم 48

1 هدف مواضيع الإصدار

إن الحاجة إلى معالجة المياه العادمة لإعادة استخدامها لها أهمية قصوى على المستوى الدولي. هذا الموضوع سوف يؤخذ بعين الاعتبار بشكل متزايد في أوروبا ليس فقط في مناطق الجنوب حيث يتم ممارسة إعادة الاستعمال لإغراض الزراعة. بالإضافة إلى ذلك فان الاستخدام في المجالات المدنية المتعددة للمياه يتطلب اهتماما متزايدا خاصة في المدن الكبرى و المتنامية بشكل سريع وبغض النظر عن موقعها من المنطقة المناخية حيث تكون احتياجات المياه المحلية اكبر من مصادر المياه العذبة المتوفرة.

لهذا فان معالجة المياه العادمة لإعادة استعمالها يمثل مهمة معقدة حيث بالإضافة إلى القواعد و المعايير الوطنية و الدولية عن جودة المياه و تكنولوجيا المعالجة هناك أيضا محددات متعددة تختلف من دولة إلى أخرى يجب أن تؤخذ في الحسبان مثل نوع الاستخدام والموارد المالية و مستوى تدريب المشغلين المحليين. المنشورات الحديثة عن التحديات المختلفة للموضوع كثيرة و متعددة منها المراجع التالية AQUAREC (2006) و ANGELAKIS وآخرون (2001) و WHO (2006) و ASANO (2007) و JIMENEZ و ASANO (2008).

ولإعطاء نظرة شاملة و دعم لاختيار التقنيات المناسبة لمعالجة المياه العادمة لإعادة استخدامها فقد قامت فرقة العمل BIZ-11.4 تحت عنوان "إعادة الاستخدام" والتابعة ل DWA بوضع مصفوفة بأهم العمليات المختلفة لمعالجة المياه العادمة. حيث قيّمت كل مرحلة من عملية المعالجة بالنظر إلى الخصائص المختلفة كجودة التصرف الخارج و التكاليف و استهلاك الطاقة واستهلاك المواد وتكاليف الصيانة الوقائية وغيرها وتشمل عملية التقييم تحديد الخصائص لكل عملية فردية من عمليات معالجة المياه العادمة لإعادة استعمالها ويبين العلاقة في كل من هذه العمليات ويعطي معلومات عن مخاطر هذه العمليات الفردية و علاقتها بإعادة الاستعمال. بهذا فان مصفوفة التقييم في نسختها تركز بشكل أساسي على الاستخدام في مجالات الزراعة و الاستعمال المدني (الري و المياه لإطفاء الحريق و المياه غير الصالحة للشرب). إن مجال استخدام المياه في قطاع الصناعة و الطرق غير المباشرة لإعادة استخدام المياه والمسماة بمفاهيم الصرف الصحي البديل و التي تعتمد على أساس الفصل بين المواد المختلفة للتصرف في المياه العادمة ليست جزء من هذه المصفوفة و ليست مذكورة في هذا الإصدار.

إن الهدف من مواضيع هذا الإصدار من مصفوفة التقييم هو إعطاء معلومات أساسية عن إمكانيات ومعايير التطبيق والمتطلبات السابقة لاستخدام العديد من تقنيات معالجة المياه العادمة. هذه المصفوفة تعرض مساعدة سريعة و بسيطة لصناع القرار و لا ندعي أنه يمكن استخدامها كأساس لأخذ قرار مفصل والذي يجب أن يكون من خلال المتخصصين فقط. في حالات خاصة فإن المصفوفة بالتأكيد ليست للاستعاضة عن العمل الهندسي و لكن لتكون مساندة لدعم اتخاذ قرار مدروس و هادف حتى لو كانت لا تتوفر الخبرات المطلوبة. و في هذا الصدد فان الفئة المستهدفة من اجل تطبيق هذه المصفوفة يمثل على وجه الخصوص الخبرة المحدودة من جماعات المصالح العامة و واضعي السياسات و السياسيين ولإغراض التشاور مع وكالات و شركات تصنيع المعدات و المشغلين للبلديات في المناطق الزراعية (بهدف زيادة الوعي) في ألمانيا و الخارج.

2 أهمية إعادة استخدام المياه

إن محدودية الموارد المائية في العالم و التأثيرات التي هي من صنع الإنسان على هذه الموارد تمثل مشكلة عالمية متزايدة وأكثر البلدان تأثراً هي البلدان النامية الموجودة في المناطق الجافة و شبه الجافة. إضافة للظروف المناخية والتوزيع غير المتكافئ للموارد المائية فان النمو السكاني المتزايد و ارتفاع كمية استهلاك الفرد للمياه في هذه البلدان هو السبب الرئيسي في تزايد النقص في المياه. في كثير من الأحيان تؤدي إدارة مصادر المياه غير الموجه لأساسيات الاستدامة و المسببة لتلوث المياه السطحية و الجوفية في كثير من الأحيان إلى تفاقم المشاكل . ووفقا لتوقعات التقرير العالمي للمياه (اليونسكو, 2006) و حسب الأنماط الحالية للاستهلاك فمن المتوقع أن يواجه حوالي 7 مليار نسمة في 60 بلدا نقصا في المياه في منتصف القرن الحالي إذا ما تم تبني السيناريوهات الأسوأ كأساس لاستقراء النتائج إذ نرى في أفضل السيناريوهات أنه لا يزال على الأقل 2 مليار شخص في 48 بلدا يعانون من نقص المياه. وقد تنبأ خبراء التغير المناخي في الفريق الحكومي (IPCC, 2007) إلى حدوث تسارع في نقص المياه العالمي بسبب تغيرات المناخ العالمي.

إن إعادة استخدام المياه في العديد من البلدان هو ضرورة لا غنى عنها و ممارسة شائعة في قطاع المياه الصناعي، حيث تسهم في تقليص الفجوة بين استهلاك الماء المرتفع باستمرار و مصادر المياه المحدودة، ومن ناحية أخرى تساهم في التقليل من تأثيرات التغير المناخي. فالمياه العادمة المعالجة و المنقاة طبقا لمتطلبات الاستخدامات المختلفة ستكون في المستقبل جزءاً أساسياً للإدارة المستدامة لمصادر المياه.

وفي هذا السياق ولأن الزراعة في العالم هي من اكبر القطاعات المستهلكة للمياه فإن إعادة استخدام المياه العادمة المنقاة بشكل كاف لغرض الري الزراعي تسهم كثيراً في الحفاظ على موارد المياه العذبة. إضافة إلى ذلك فإن تخزين المياه له تأثيرات إيجابية على التغيرات الموسمية "مع ملاحظة ضرورة المحافظة على مستوى جودة المياه".

في الكثير من البلاد النامية يتم استخدام المياه العادمة غير المعالجة أو المعالجة بمقدار غير كافٍ.أما في المناطق الحضرية والأقل تحضراً بالتحديد يتم استخدام المياه العادمة من قبل السكان لأعمال الري نظراً لتوفرها مجاناً وعلى مدار السنة وغير مرتبطة بفترة الجفاف ولها

قيمة سماد عالية. وتساهم المياه العادمة غير المعالجة في إنتاج الأغذية بشكل ملحوظ. ومع أن مواصفات نوعية المياه لإعادة الاستخدام عادة ما تكون معروفة في هذه الدول "بناءً على تعليمات منظمة الصحة العالمية WHO" إلا أنه يتم استخدام هذه المياه في أغلب الدول النامية دون الرقابة القانونية ودون التحقق من الشروط الصحية(Ruth – University Bochum, 2005).

ولضمان إدارة مستدامة لمصادر المياه فمن الضروري اعتبار المياه العادمة مصدر مياه دائم مع ضرورة معالجة هذه المياه لتقليل المخاطر الصحية المتعلقة بالاستخدامات غير المراقبة.

3 تصنيفات إعادة استخدام المياه العادمة

1.3 الجوانب الاجتماعية والثقافية والقبول

يتعلق موضوع إعادة استخدام المياه العادمة بعوامل أساسية مختلفة تتفاعل مع بعضها البعض لتساهم في التخفيض المستمر لاستنزاف الموارد المائية. إعادة استخدام المياه تؤثر على الصحة والحياة اليومية للسكان ولذلك يجب أن تكون التكنولوجيا المستخدمة بسيطة التشغيل وواضحة. إضافة إلى المسائل الفنية والتنظيمية والمؤسساتية هناك أهمية خاصة للعوامل الاجتماعية والثقافية.

أهم عامل في إعادة الاستخدام هو تقبل المستهلك لهذه المياه. فقد شجعت العوامل الاقتصادية في مناطق مختلفة من العالم على هذا التقبل وذلك نظرا لشح المياه النظيفة وارتفاع أسعار تكلفة الطاقة اللازمة لضخ المياه من الأعماق وارتفاع تكلفة الصيانة وغيرها. مع ذلك يبقى هناك معارضة واسعة قد تصل إلى الرفض الكامل لاستخدام كميات كبيرة من المياه المعالجة وهذا يعود إلى أسباب مرتبطة بالتكنولوجيا المستخدمة وكذلك التشغيل والصيانة ونوعية المياه (الرائحة واللون) ومع أن الكثير من نظم الري تناسب إستخدام المياه المعالجة إلا أن تشغيل هذه الأنظمة لن يخلو من الأخطاء.

مع أن استخدام مياه المطر والمياه قليلة التلوث وكذلك استخدام فضلات الإنسان والحيوان كسماد طبيعي منتشر في كثير من المناطق في العالم إلا انه تبقى هناك معارضة قوية لاستخدام المياه المكررة. كما يظهر الناس حساسية خاصة لإعادة استخدام المياه وهذا لشعورهم بخطر التعرض للجراثيم من المياه المعالجة إضافة لموانع دينية أو مرتبطة بالدين تمنعهم من استخدام المياه مما يحد من التعامل مع المياه المعالجة (أيضا يمكن للدين تشجيع استخدام المياه المعالجة كما هو موضح في الأمثلة المذكورة أدناه). وعلى هذا يجب تحمل الصعاب في عملية تغيير التوجهات التقليدية للناس وهنا يظهر الدور الهام للتشغيل ووضع النظام المناسب المرتبط بنظام آمن يضمن استمرار الحد الأدنى من المواصفات لكل استخدام. ولمستخدم المياه المعالجة الحق في الاعتماد على هذه المواصفات وإلا لن يكون هناك تقبل لهذه المياه.

وعلى النقيض فبالرغم من أن القبول المؤسسي مشروط من خلال قوانين ومواصفات محددة فان القبول لدى المستخدم والمستهلك النهائي مثل الفلاحين الصغار ومستهلكي المنتجات الزراعية يكون ايجابيا نظرا لحاجتهم للمياه الشحيحة أصلا وهذا يعني في حالات كثيرة أن شروط القبول الرسمية يتم تجاهلها وتجنبها خاصة إذا كان هناك تطبيق فعال ونظم التحكم مفقودة.

من الواضح انه في حالة الاستخدام المباشر للمياه المعالجة وفي كل الحالات التي يكون الاتصال مع المستهلك النهائي من خلال المنتجات الزراعية والاستعمال المنزلي أو حتى كماء شرب من أصل ماء معاد استعماله فإنه يجب الأخذ بعين الاعتبار ولدرجة معينة الظروف الاجتماعية والثقافية. ولضمان التطبيق الناجح لا بد من المشاركة والإجابة على كل الأسئلة من بداية مراحل التخطيط واتخاذ القرارات العملية. وهذا يستوجب الأخذ بعين الاعتبار المواضيع التالية والتي تختلف أهميتها بناء على التطبيق المطلوب:

- عوائق إدارة المياه (الماء المطلوب مقارنة مع الماء المتوفر)
- النظافة والاحتياطات الصحية.
- المتطلبات الفنية لإنتاج واستخدام المياه المعالجة.
- متطلبات التشغيل والكفاءة (عدد وكفاءة عمال التشغيل، عوامل الأمان، احتياطات الطوارئ) بناء على مستوى التعقيد في عملية المعالجة.
- الجدوى المالية والفنية والاقتصادية آخذين بعين الاعتبار التكلفة (نفقات رأس المال) وكلفة التشغيل (نفقات التشغيل).
- المجالات البيئية والديمومة.
- الشؤون التنظيمية.

مثال: القبول الديني لاستخدام المياه المعالجة

لعب استخدام المياه المعالجة في المناطق الإسلامية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا دورا هاما منذ بداية القرن العشرين. في عام 1900 نرى أن المياه العادمة استخدمت لري 4500 هكتار في مناطق قريبة من القاهرة ونظرا لقلة مصادر المياه المتوفرة (يقدر بنقص بـ 20 بليون متر مكعب الآن وسيزداد إلى 40 بليون متر مكعب في سنة 2007) وازدياد عدد السكان (72 مليون نسمة الآن وسيصل إلى 83 مليون في سنة 2017). لن يكون غريبا ارتفاع استهلاك المياه المعالجة في كافة أنحاء البلد. كذلك نجد أن استخدام المياه المعالجة شائع و يعتبر وسيلة ناجعة لمواجهة النقص في المياه.

يدعم هذا التوجه رجال دين بارزون مثل معالي احمد الصبان وكيل وزارة الشؤون الدينية في السعودية الذي أوضح في مؤتمر إعادة استعمال المياه في أبو ظبي أن الإسلام يدعم الاهتمام بالتعامل مع المياه وحماية مصادر المياه. وأن استخدام المياه المعالجة لا يتعارض مع الدين ما دامت المياه نقية ولا يلاحظ لها لون أو رائحة (الصبان و2005).

2.3 متطلبات التكنولوجيا

لضمان استخدام آمن للمياه المعالجة في الزراعة على سبيل المثال يجب ضمان متطلبات نوعية المياه وطرق المعالجة والتي يجب ضمان توفيرها من خلال التكنولوجية المناسبة. هذه المتطلبات تشمل التعقيم لحماية الإنسان وإزالة السموم لحماية المياه الصحية والمياه الجوفية ولتقليل تركيز المواد الصلبة لتتلاءم ومعدات الري.

تحدي آخر يتمثل بالعلاقة بين المياه المتوفرة بشكل مستمر والمستخدمة بشكل متقطع. وهذا يتطلب تخزين هذه المياه في خزانات سطحية أو في الخزانات الجوفية وهذا يتطلب نوعية مياه محددة للمياه المخزونة مثل المستوى البكتيري ومحتوى السماد. إن مصفوفة التقييم المشمولة في الجزء الخامس من هذا الإصدار تقدم مساعدة للمتطلبات المختلفة بخصوص إمكانيات الاستخدام لتقنيات معالجة المياه العادمة المختلفة.

3.3 المتطلبات الإدارية البيانات والكفاءة التشغيلية للمحطات

لا فائدة من استخدام أفضل طرق المعالجة إن لم يكن بالإمكان ضمان تحقيق القوانين المطلوبة. بناء على تعقيدات طريقة المعالجة المستخدمة فان عملية تشغيل نظام إعادة الاستخدام للمياه المعالجة يتطلب درجة محددة من الكفاءة في إدارة المحطة. أيضا لضمان السلامة الفنية (النظافة والحماية الصحية) يجب تشجيع طاقم التشغيل ليتصرفوا بمسؤولية عالية. وهذا يعني ضرورة وجود عمال وأخصائيين مدربين. ويجب الانتباه أن يتم اختيار الطاقم ذو قابلية للتطوير ويشاركون في دورات تدريبية وامتحانهم بشكل مستمر خاصة في السنوات الأولى لتشغيل المشروع.

فـي الدول خارج أوروبا تكون هذه المتطلبات على عكس الواقع الذي يجب أن تكون عليه محطات المعالجة والتي تتصف بما يلي:

- عدم توفير الغطاء المالي للتشغيل.
- الطاقم ذو مؤهلات غير كافية.
- ضرورة تحسين رواتب العاملين.
- ضرورة تحسين صورة الفنيين وإظهارهم بصفة مدير موارد بدلاً من مشغل مجاري.
- إدارة مركزية وعدم القدرة على اتخاذ قرارات ميدانية.
- قلة الأثاث ومتطلبات التشغيل خاصة المعدات وقطع الغيار والطاقة والمواد الكيماوية. وهذه بمجملها تحدي كبير أمام تشجيع الموظفين وإمكانية تحقيق شروط ومواصفات التشغيل الآمن.

كما يجب الأخذ بعين الاعتبار الاحتياطات التشغيلية لضمان تشغيل المحطة بناء على القوانين والمحافظة على كفاءة عالية لعمال التشغيل حيث تؤثر على حساب التكلفة عند تخطيط مشروع المياه لإعادة الاستخدام.

مثال: تقوية كفاءة التشغيل في الجزائر

تقل فاعلية وعمر محطات معالجة المياه بشكل ملحوظ إن لم يتم الصيانة الوقائية بشكل جيد. ولهذا أخرجت من الخدمة محطات أنجزت حديثا بعد سنوات قليلة من التشغيل لأسباب احدها كفاءة تشغيل غير كافية.

أنجزت المنظمة الجزائرية لتشغيل محطات المجاري (ONA) وبالتعاون مع الشريك الألماني برنامج تدريب مستمر لتشغيل محطات معالجة المياه تم تدريب مدربين جدد وتم تجهيز مركز تدريب في بومرداس لتدريب طواقم العمالة من كافة أنحاء الجزائر. ويشمل برنامج التدريب في محطة بومرداس الأمان في العمل والصيانة الوقائية والقياس والتحكم، إدارة المشاكل والصيانة والمتابعة وإدارة المخازن. وغير ذلك فقد تحقق تحسن كبير في كافة محطات الجزائر وشعر الموظفين أن أهمية كفاءة التشغيل لا تقل أهمية عن توفير المعدات والمصادر.

أما إن تم التركيز عن الاستثمار في الأمور الفنية فقط فستكون النتيجة تكلفة تشغيل عالية وعملية تشغيل غير كفؤة.
(GTZ Emscher, 2006)

4.3 الجوانب الصحية

عند تخطيط وتشغيل مرافق إعادة الاستخدام للمياه العادمة يجب التأكد من عدم وجود أي مخاطر صحية وضمان أمان عمال التشغيل و مستخدمي المياه والناس عامة. إن المياه البلدية المعالجة بالطرق التقليدية تحتوي على مواد تسبب أخطاراً كثيرة وهي عبارة عن مواد كيماوية وكائنات ممرضة آدمية وكائنات دقيقة في أشكال متعددة مثل البكتيريا وفيروسات بالاضافة لبيض الديدان والطفيليات وبالتالي فإن الاستخدام الآمن للمياه يتطلب جودة عالية للمياه للحد من الأوبئة.

إن مخاطر الكائنات الممرضة يعتمد على نوع الاستخدام للمياه مثل طريقة الري المختارة ولهذا هناك تقييم لملائمة الطرق المختلفة للري موضحة في المصفوفة المرفقة ضمن هذه النشرة.

وحسب القاعدة لاستخدام المياه العادمة يجب استخدام طريقة تعقيم مناسبة بحيث تقل كمية الطفيليات وذلك إما بإزالتها أو تدميرها أو وقفها عن العمل وعندها يمكن أن لا نخاف من الأخطار الصحية من استخدام المياه. ولهذا فهناك حدود محلية أو وطنية (إن وجدت) يجب الالتزام بها وبالتحديد من الناحية الوبائية كما ويجب أن تشمل توصيات المنضمات الدولية المعترف بها مثل منظمة الصحة العالمية WHO (WHO, 2006).

عند استخدام مواد التعقيم يجب الانتباه إلى هذه المواد فقد تتسبب في تكوين مواد كيماوية سامة نتيجة التفاعلات الكيماوية مما يؤدي إلى الضرر بالناس وخاصة العاملين بالمحطة .

يجب إرشاد مستهلكي المياه وطاقم التشغيل للمخاطر الصحية المترتبة على استخدام المياه المعالجة إضافة لذلك يجب أن تكون هناك خطط صحية تستخدم في حالة الفشل على أن يكون تطبيق الخطط في حالة الفشل إلزامي وهام جدا.

5.3 القواعد القانونية ومراقبة الدولة

في كثير من الدول هناك قواعد قانونية ومجموعة من القوانين الفنية والمقاييس (مثل هذه المواصفات موجودة في ألمانيا وهي DIN 19650 والخاصة بالمتطلبات الصحية لمياه الري). وعند مراعاة القوانين والمقاييس في الدول خارج أوروبا وهي الدول التي تكون فيها المياه شحيحة أو متوقع أن تنضب في القريب العاجل فإنه يجب الانتباه للنقاط التالية:

- مراجعة القوانين باستمرار لضمان الالتزام والمراقبة وهذا يضمن التعامل الأمن مع هذه المياه وتجنب الإضرار المستمر لصحة الإنسان ونوعية المناطق المستخدمة للزراعة.
- في بعض الدول وبشكل عام يتم نسخ قوانين لدول مجاورة أو مانحة أو متقدمة وهذه القوانين قد لا تلاءم متطلبات هذه البلد.
- قد تحوي القوانين على بعض المعاملات والمعايير التي لا تتوافق قيم الحدود فيها مع بعضها البعض ولا يمكن استخدامها بالتوازي.

إضافة لقوانين الدولة هناك أيضا مواصفات دولية معترف بها على سبيل المثال المواصفات التي نشرت حديثاً لمنظمة الصحة العالمية WHO (WHO, 2006) وهذه المواصفات تشكل هيكلية متفق عليها لتطوير مواصفات وتعليمات محلية لتقليل المخاطر الصحية الميكروبيولوجية والمتعلقة بالمياه وتعطي أيضاً معلومات عن وسائل المراقبة لضمان الأمان الميكروبيولوجي وتهدف متطلبات النوعية بشكل أساسي إلى طرق استخدام المياه وتشمل على سبيل المثال إضافة إلى الطفيليات كل من محتوى الأملاح ومحتوى السماد للاستخدام الزراعي.

إضافة للمقاييس والمتطلبات الفنية المتعلقة بإعادة استخدام المياه المعالجة فعلى القوانين الحكومية أن تشمل بالإضافة إلى التعريفات الفنية على النواحي الجوهرية مثل التعرفة والمراقبة ومسؤولية وحقوق الجهات ذات العلاقة (منظمات تنفيذ، مقاولين، مشغلين، ومستهلكين) فمثلا يجب تحديد إجراءات السلامة والمتابعة وإيجاد نظام مراقبة داخلي وأخر مستقل خارجي. إضافة لذلك يجب وضع مواصفات واضحة وعقوبات يجب أن تطبق في حالة عدم الالتزام بالمتطلبات.

كما يجب أن تتوفر خلفية واضحة للمخططات الفنية وسرية وشفافية العطاءات فإن وجود القواعد والقوانين الواضحة هي متطلب مهم لتعاون اقتصادي ناجح.

بشكل عام يمكن القول لا يوجد نقص في القوانين الملزمة وكذلك المواصفات والتوصيات لاستخدام المياه المعالجة إنما المشكلة لأغلب الدول التي تعاني من شح المياه ليس هو عدم وجود مواصفات ومقاييس للمياه المعالجة ولكن هو عدم الالتزام بها ومراقبتها من قبل هيئة مستقلة تابعة للدولة أو القطاع الخاص إضافة لذلك غالبا لا يمكن تطبيق القوانين نظرا لقلة المصادر الاقتصادية.

6.3 الفرص المتاحة في الأسواق لمشاريع إعادة استخدام المياه

في السوق الأوروبية والعالمية ونظرا لشح المياه أو تلوثها والتغيرات الناتجة عن تغيير المحددات كنتيجة لتغيير القوانين فهناك فرص كبيرة للاستثمار في قطاع المياه. ولهذا تمثل المياه المعالجة مصدرا مهماً للمياه ومن المتوقع أن يحقق قطاع إعادة استخدام الماء أرباحا كبيرة.

في السياسات القديمة تم التركيز على تطوير وتوزيع مصادر المياه ولكن السياسات الحالية كما في توجيهات هيكلية المياه الأوروبية تتوجه إلى الإدارة المتكاملة بالإضافة إلى تغطية التقنيات. إن إدارة التكلفة لمشاريع المياه سابقاً كانت تعتمد على توزيع المياه المجاني كما أدى إلى استهلاك عالي في بعض المناطق وإضاعة المصادر القليلة المتوفرة وعدم تغطية تكلفة التشغيل. أيضا الكثير من مصادر المياه الطبيعية حتى في المناطق ذات مصادر المياه القليلة يتم التخلص منها على مدار السنة أو موسميا ولا يتوفر طرق لاستخدامها أو استخراج السماد منها أو الاستفادة منها. ولشح المياه وارتفاع الطلب في كثير من المناطق فقد أصبحت هذه المصادر غالية جدا ولا يجوز استخدامها مرة واحدة فقط وعليه فإنه يجب الاستفادة من السماد ومواد التربة من مواقع الاستخدام والتوفير في استخدام المياه العذبة والطاقة اللازمة الأمر الذي يجعل هذه الحلول ذات جدوى اقتصادية. عدا ذلك فإنه يجب اعتماد تكنولوجيا معالجة مصممة خصصت للاستخدام الزراعي والاستفادة من السماد حسب حاجة النبات (فترات النمو).

وهناك علاقة وطيدة بين مفاهيم هندسة المياه العادمة لإدارة المياه واستخدامها في العديد من مجالات التطوير ومواقع انتاج هذه المياه. ومن ناحية أخرى يمكن تزويد هذه المياه المعالجة لاستخدامات القطاعين الصناعي والتجاري.

إضافة إلى ذلك ففي المناطق الصحراوية أو شبة الصحراوية وحتى في الدول المتطورة يتسبب ازدياد الطلب على الماء وارتفاع تكلفة المياه العذبة والتشدد في المواصفات التصرف لضمان المحافظة على البيئة إلى التوجه إلى إعادة استخدام المياه وبذلك توفير فرص متزايدة لأسواق إعادة الاستخدام. إن ارتفاع التوقعات في تحسين استغلال الطاقة والنواحي الاقتصادية والتطوير في طرق المعالجة ستسهم في الابتكارات المتسارعة في هذا المجال.

إن إدارة مصادر المياه المتكاملة وبشكل خاص إعادة الاستخدام تقدم فرص عمل متزايدة لشركات التصنيع والمكاتب الاستشارية ويضاف إلى ذلك مهاماً في حل مشاكل التغيرات في المناخ. وتعطي الموصوفة في هذا الإصدار معلومات هامة عن طرق معالجة المياه العادمة في مراحل التخطيط وتحضير العطاءات للمناقصات وذلك لضمان إنتاج مياه بنوعية أفضل لصالح المستهلك.

مثال: سوق إعادة استخدام المياه في آسيا

نظرا لحاجة (اللحاق بالتطور والنمو الاقتصادي المرتفع فإن قارة آسيا بشكل خاص ذات قدرة عالية في مجال معالجة المياه وإعادة استخدامها حيث أن معدل النمو فيها يصل إلى 15% للسنوات القادمة. في اندونيسيا مثلاً كان سوق المياه المعالجة في عام 2003 هو 90 مليون دولار أمريكي مع نمو اقتصادي 10% وهناك أسواق مثل تايوان والفلبين بحاجة للحاق بالتطور الاقتصادي وينطبق ذلك أيضاً على تايلاند وماليزيا.

إن حكومة الصين تحاول معالجة أزمة المياه الناتجة عن النمو الاقتصادي عن طريق تشجيع إعادة استعمال المياه. ولذلك وعلى سبيل المثال فقد تم إلزام شركات الإنشاء وشركات تطوير الأراضي العامة والخاصة على التخطيط لإعادة استخدام المياه. ولتحقيق ذلك فقد تم تأسيس التجمع التجاري الصيني لإعادة استخدام المياه. وهذا بدورة سيدعم التكنولوجيا والمعدات والمنتجات.

7.3 التسعير والتمويل

هناك حاجة لوضع سياسات تسعير بعيدة المدى ووضع قوانين على مستوى الدولة والإقليم والمنطقة وذلك لتحقيق إدارة فاعلة لإدارة الطلب من مستخدمي المياه المختلفين والأكثر اتساعا. وهذا يشجع ويسوق حلول مبتكرة للتعامل مع الدورات المائية ومبادئ انسياب المواد بشكل منفصل في المناطق الريفية أو الحضرية.

تساهم الأسعار المعقولة للاستخدامات المختلفة للمياه المعالجة في مجالات مثل مياه الشرب وإعادة الاستخدام لأغراض الصناعة أو الزراعة في استعمال مصادر المياه المحدودة بفاعلية أكبر. ويتطلب القانون الأوروبي الجديد لهيكلية المياه مساهمات مالية من المستهلك و الملوث. وعلى المدى البعيد يجب تحقيق التكلفة الكلية وذلك لضمان الاستمرارية. ويجب فصل سياسة التسعيرة المقبولة اجتماعيا والمتزايدة بناء على تقبل المستخدم للدفع ويجب تعديلها بناءا على قيمة التضخم لضمان تشغيل المرافق وخدمات المستخدمين مثل تطوير مستوى الربط.

وقد ساهمت برامج استثمار بعيدة المدى لإعادة استخدام المياه مدعومة بمحفزات اقتصادية إلى توجيه المستهلكين في المناطق الشحيحة بالمياه مثل سنغافورة وجنوب إفريقيا واستراليا وكاليفورنيا لملائمة أنفسهم على المدى المتوسط والبعيد لمصادر المياه المتوفرة إقليميا والمختلفة في النوعية والتسعيرة.

تخضع المصادر المالية والمقدمة من قبل مستثمرين لتمويل مشاريع إعادة استخدام المياه أو المطلوب توفير دعم حكومي لها أو أخذها كقروض إلى شروط مختلفة. حيث أن المشاريع المبتكرة غالبا ما تكون مدعومة. وتعتمد أسس التمويل من بنوك التطوير الدولية على وجود

دراسات جدوى اقتصادية تأخذ بعين الاعتبار بدائل مختلفة من المفاهيم والتكنولوجيا وتختار حلول تحقق استرداد رأس المال للمستثمر(أسعار منخفضة للاستثمار والتشغيل) والمستفيد (توفير تعرفة معتدلة).

وهنك أمثلة عالمية عديدة لمشاريع تمت الموافقة عليها لإعادة الاستخدام توضح طرق المنافسة وكيفية قيام الوكالات التجارية بالاستثمار ضمن محددات مشروطة ومراعاة النظم وتوجهات قوانين الدولة. وتتوفر أمثلة ناجحة عديدة في تقرير QUAREC (2006) والممول من السوق الأوروبية وتقرير EMWIS (2007) عن إعادة استخدام المياه العادمة.

4. أمثلة على الاستخدام

1.4 تطبيقات عملية في ألمانيا

على الرغم من أن التجربة شاملة ومتوفرة في اغلب طرق المعالجة في ألمانيا إلا أنه لم يتم ممارسة استخدام المياه المعالجة في الري وذلك لوفرة المياه في البلد. تقتصر الاستخدامات الموجود في ألمانيا على الترشيح والري للأغراض الزراعية أو لشحن المياه الجوفية أو الترشيح على الضفاف وجميعها طرق غير مباشرة للاستخدام (وهذا ليس ضمن بحث هذا الكتيب). كما يوجد هناك أيضا تطبيقات محددة تتمثل في معالجة المياه الرمادية في البيوت الخاصة والفنادق.

إن التطبيقات القليلة والمتمثلة في ري المزروعات واستخدام برك المياه المعالجة لتربية الأسماك هي طرق تم استخدامها قديما لمعالجة المياه البلدية العادمة منذ بداية القرن العشرين. وقد أدى زيادة القيود على انبعاث المواد المتصرفة إلى توقف إعادة استخدام المياه المعالجة بيولوجيا ومياه البلديات المنقاة.

ولقد كان هناك مشاريع لإعادة استخدام المياه في الزراعة في عدة مدن ألمانية كما هو في Berlin و Bielefeld و Braunschweig (انظر الأمثلة في الصندوق) و Darmstadt و Dortmund و Freiburg و Münster و Wolfsburg. وكذلك تم استخدام برك تربية الأسماك كما هو الحال في Amberg و Nürnberg و Spandau و قرب München.

مثال: إعادة استخدام للأغراض الزراعية وتخفيف العبء البيولوجي على المياه المستقبلة في Braunschweig.

في مدينة Braunschweig وفي عام 1895 كانت هناك بداية للتخلص من السماد الطبيعي السائل على تربة رملية وذلك لأسباب صحية ولتخفيف العبء البيولوجي على المياه المستقبلة و لتحسين التربة في هذه المناطق أيضا. هذه الأيام يتم معالجة المياه العادمة المدنية Braunschweig "التي مقدارها 22 مليون $م^3$/السنة بيولوجيا بالكامل في محطة Steinhof ذات السعة التصميمية والمقدرة بـ (350.000 نسمة) في الصيف وتستخدم هذه المياه في ري المزروعات على مسافة 3000 هكتار بطريقة الرش السطحي وتكون مخلوطة جزئياً بالحمأة الزائدة.

تستخدم هذه الأراضي في زراعة المحاصيل ذات المردود الاقتصادي مثل شمندر السكر. ولكن يمنع استخدامها في زراعة المزروعات المأكولة مباشرة أو التي تؤكل بدون طبخ لأسباب صحية وتدرس حالياً إمكانية زراعة مواد لإنتاج الطاقة.

أما في الشتاء فيتم استخدامها لتجديد المياه الجوفية وشحنها. وتعمل حقول الترشيح الحالية كمناطق عازلة طبيعية لمعادلة التغيرات في نوعية لمعالجة المياه وحماية المياه المستقبلية الحساسة. في نفس الوقت تشكلت طبقة من مادة حيوية هامة نتيجة للري السطحي المستمر للأرض ويجب حمايتها.

يعزى وجود عدد قليل من مشاريع إعادة الاستخدام إلى الوفرة في مصادر المياه النقية. وان اختلفت من منطقة لأخرى. فالمناطق الشرقية في ألمانيا تظهر فيها اتجاهات سلبية للاتزان المائي المناخي. في السنوات الحارة والجافة فقد بلغ مقدار العجز في قيمة الهطول إلى 300 ملم والذي تسبب في جفاف الطبقة السطحية من التربة. وهذه نتيجة متوقعة أن تستمر في ألمانيا بسبب الاحتباس الحراري العالمي.

كما في كثير من هذه المناطق وكنتيجة للتغيرات المناخية والمصاحبة للاحتباس الحراري للأرض فانه من المتوقع تكرار هذه الأرقام في ألمانيا. ان الاستخدام الزراعي للأراضي هو الممارسة السائدة وفي المستقبل فان إعادة استخدام المياه المعالجة خاصة إذا استخدمت في مجال إنتاج مواد للطاقة المتجددة وإنتاج الطاقة وليس لإنتاج مواد للاستهلاك البشري. وفي هذه الحالة سيصنف الخطر الصحي بقليل جداً.

النظرة الجديدة لإعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة ستساهم في عمل التوازن على طلب المياه والمساهمة في تخفيف أزمة المياه. وهذا ينطبق وبشكل خاص إذا استخدمت هذه المياه في إنتاج مواد الطاقة المتجددة بهدف إنتاج الطاقة وليس لإنتاج مواد.

2.4 أمثلة مطبقة عالميا

عالميا مورست بشكل هادف عملية إعادة استخدام المياه المعالجة في تطبيقات عديدة (انظر الأمثلة من أوروبا – اسبانيا في الصندوق) ومنطقة الشرق الأوسط في دول كثيرة مثل اسبانيا و(الأردن) والولايات المتحدة، وذلك لري المناطق الخضراء أو المناطق الخضراء الحضرية وتربية الأسماك و إنتاج مياه لغير الشرب وكذلك حقن المياه الجوفية. من هذا السياق نلفت الانتباه إلى المنشورات والتفاصيل للحالات العديدة من الاستخدام. ومن أحدث هذه النشرات الدراسية الدولية لإعادة استخدام المياه للمؤلف Jimenez & Asano (2008) وتقرير إعادة استخدام مياه المجاري في الشرق الأوسط MED-EUWI (2007).

مثال: إعادة استخدام المياه في Costa Brava - اسبانيا

في شمال شرق اسبانيا وبالتحديد في المناطق الساحلية في Catalonia يلاحظ تطور كبير لمشاريع في إعادة استخدام المياه وينعكس ذلك في الإصلاحات السياسية و البنيوية وأيضا على الأرقام والإحصائيات. مثلا" في Costa Brava ما بين عام 1989 إلى 2001 زادت كمية المياه المعالجة بيولوجيا" وكمية استخدامها وصلت إلى 30 م³ وذلك بازدياد من صفر سنويا" إلى 2.3 مليون م³ .فقد زادت كمية المياه العادمة المستخدمة والمقدرة بـ 30 مليون م³ بعد عمليات المعالجة البيولوجية من صفر إلى 2.3 مليون م³ سنوياً و استخدمت هذه المياه لري مزارع العنب والورود وملاعب الغولف وكذلك استخدمت المياه المعالجة في شحن المياه الجوفية ك لمنع اندفاع حاجز المياه المالحة كما هو الحال في منطقة Torroella de Montgri و Tossa de Mar .
(SALA et al., 2002)

مثال: استخدام المياه في وادي الأردن- الأردن

تعتبر الأردن بلد محدود المصادر المائية نتيجة لزيادة استهلاك المياه والمتوقع أن يزداد الوضع المائي سوءاً وبناء على ذلك وبتشجيع من الحكومة ومدعومة بالقوانين والمحددات فقد وصل استخدام المياه المعالجة في الزراعة إلى 71مليون م³ وهو ما يعادل 16% من الاستهلاك الكلي للزراعة والمقدرة بـ 444 م³ ففي وادي الأردن وبشكل خاص يعاد استخدام المياه المعالجة لأغراض الزراعة بعد خلطها بالمياه النقية بنسبة 3:1 (تخفف للاستخدام الزراعي غير المحدد) ويمثل خزان الملك طلال والذي سعته 57 مليون م³ والذي يستوعب مياه محطتي معالجة قرية السمرة في البقعة وكذلك محطة المعالجة في جرش وهذا نتيجة الإدارة الحازمة أهمية عالية في إدارة مصادر المياه.
(SCHNEIDER, 2005)

مثال: استخدام المياه في كاليفورنيا –الولايات المتحدة

تعتبر كاليفورنيا رائدة في مجال إعادة استخدام المياه وهذا يتضح في المعايير القانونية الموجودة و التكنولوجيا المستخدمة و كذلك القبول الاجتماعي في عام 2000 حيث يوجد هناك 200 محطة معالجة للمياه العادمة بهدف إعادة الاستخدام تم استخدامها ري المزروعات في مجالات مختلفة أهمها الزراعة و صيانة المنتزهات.

مثلا في منطقة Monterey والتي تنتج حوالي 70% من إنتاج الشوك الأرضي في الولايات المتحدة , فإن جزء كبير من الأراضي تسقى بالمياه المعالجة وفي أوقات ذروة الحاجة للماء تستخدم كل المياه المعالجة بمعدل 83.000 م³/يوم.

وفي Irvine يوجد بشكل موازي لشبكات توزع المياه لشبكات المياه المعالجة بشكل مستقل بهدف ري المنتزهات وملاعب الغولف والزراعة على الطرق . وهذه المياه المعالجة تمثل 20% من استهلاك المياه الإجمالي و توزع هذه المياه بطريقة فنية ومراقبة جيداً للبيوت الخاصة.
(ORTH, 2005)

5. مصفوفة التقييم لخطوات عملية معالجة المياه العادمة بهدف إعادة الاستخدام

1.5 هدف المصفوفة

إن معالجة المياه العادمة بهدف إعادة الاستخدام يجب إن يتم باستخدام التقنية الأفضل ملائمة لكل حالة تطبيق على حده, اخذين بعين الاعتبار القوانين المحلية و المقاييس الدولية مثلا" (منظمة الصحة العالمية, منظمة الأغذية العالمية) على سبيل المثال وعند اختبار تقنية المعالجة يجب الأخذ بعين الاعتبار القيود التي تختلف من دولة لأخرى و المتمثلة" بالاستثمار و متطلبات التشغيل و مستوى تدريب عمال التشغيل المحليين. ولدعم مخططي محطات المعالجة وطاقم التنفيذ بهذه المهمة المعقدة اقترحت مجموعة العمل BIZ-11.4 التابعة للرابطة الألمانية للمياه (إعادة استخدام المياه).

مصفوفة تحتوي على الخطوات المتعددة لمعالجة المياه العادمة, قيمت كل مرحلة معالجة بما يتعلق بالنواحي المختلفة مثل نوعية المياه المتدفقة و التكاليف واستهلاك المواد و الطاقة وتكلفة الصيانة الوقائية وغيرها.

تشمل عملية التقييم تصنيف و مقارنة طرق المعالجة المختلفة دون الأخذ بعين الاعتبار مكان التطبيق و خصوصا لغرض ري المزروعات. لقد تم تطوير المصفوفة كنتيجة للتقييم وتعطي نظرة عامة على الإمكانيات المتعددة للمعالجة و تهدف إلى المساعدة في اتخاذ قرار سريع عن التقييم الأولي و لا ندعي بان المصفوفة كاملة او صحيحة بشكل مطلق و لكن يمكن تطبيقها في أغلب الأحيان وإنها ليست بديلا للدراسات الهندسية و القرارات الملائمة للحالات الخاصة و لكن تمكن و تسهل اتخاذ قرار منطقي مبني على أسس حتى لو توفرت خبرة فنية محدودة.

إن التقييم الوارد في المصفوفة ذو صفة فنية و لا تشمل بشكل مفصل المخاطر الصحية و لذلك يجب الرجوع إلى المراجع ذات العلاقة مثل توصيات(2006) WHO.

2.5 المحددات

إن إمكانية التوسع في تطبيقات إعادة استخدام المياه المعالجة تحتاج إلى تحديد مجال الاستخدام و بحذر تركز مصفوفة التقييم على المجالات التالية:

- ري المزروعات.
- مياه غير صالحة للشرب في الاستخدام المنزلي (مثل رحض المراحيض).
- استخدام المناطق الخضرية (مثل ري المنتزهات و الطرق و إطفاء الحريق).

إن نقطة البداية لمصفوفة التقييم هي تحديد المجال المراد استخدام المياه المعالجة له. وبهذا يمثل الري الزراعي، أوسع مجال للاستخدام وأهم نقطة ارتكاز ان الحاجة العالية إلى الماء في هذا القطاع وقلة متطلبات المعالجة مقارنة مع الاستخدامات الأخرى (حيث لا حاجة لإزالة السماد من الماء) و تقدم استخداما واسعا للمياه المعالجة ولهذا الاستخدام تعتبر المياه العادمة من المواد الخام و ينتج منها المياه المعالجة و التي يمكن أن يكون لها صفات مختلفة حسب الاستخدام المطلوب. وتعتمد المغذيات المسموح بها على فترة النمو الخضري وحالة التربة ويعتمد المستوى الصحي على المنتج المروي وطريقة الزراعة وكمية المواد الصلبة التي تعتمد على طريقة الري المستخدم وينطبق هذا أيضا على الاستخدامات الحضرية مثل استخدام الماء غير القابل للشرب للأغراض المنزلية.

الأنواع التالية من الاستخدام لم تشمل في مصفوفة التقييم:

- الاستخدام الصناعي.
- الاستخدام غير المباشر في تزويد مياه الشرب.
- فكرة بدائل للاستخدامات الصحية/مفاهيم الصرف الصحي البديلة.

إن استخدام المياه المعالجة في الصناعة غير مشمولة في مصفوفة التقييم حيث أن هذه البنود مطورة بشكل كامل و مستخدم في ألمانيا ولا حاجة لتفصيل ذلك الآن. إن العديد من التطبيقات الصناعية مشمولة في عملية الإنتاج بحيث لا يمكن التمييز بين دورة التشغيل الداخلية وإعادة الاستخدام الحقيقي. ويمكن تصور مدى الاستخدام الصناعي للمياه المعالجة بالأرقام التالية:

يستخدم 30,200 مليون م³/السنة (منها 22,500 مليون م³ تستخدم في التبريد) و 6,200 مليون م³/السنة هي مياه نظيفة وهذا يعني أن المياه المعاد استخدامها مقدارها 24,000 مليون م³/السنة وبذلك يكون معامل الاستخدام (نسبة الماء المستخدم/الماء النقي) هو 4.9 وهذا يعني أن كل متر مكعب من المياه النقية يستخدم خمسة مرات تقريباً وان حجم المياه المعاد استعمالها (24,000 مليون م³/السنة) يتجاوز كمية المياه العادمة البلدية (9,695 مليون م³/عام) بعامل لا يقل عن 2.4 (إحصائيات 1998 عن مكتب الإحصاء الألماني حسب المنشور في (CORNEL and MEDA, 2008).

وهذا لا يشمل المناطق التي تقوم بالاستخدام غير المباشر لمياه الأنهار المستقبلة و التي احتوت على مياه مجاري في أعلى السيل وهذه تشكل نسبة عالية في المناطق المكتظة وسط أوروبا نتيجة استخدام انهار كبيرة مثل الراين و الدانوب كمياه مستقبلية للمياه العادمة المعالجة في محطات التقنية. إضافة إلى ذلك وفي المناطق المكتظة بالسكان فقد تم استكشاف المواد الموجودة في المياه العادمة في العديد من المياه السطحية المستخدمة كمصدر لمياه الشرب الخام وهذا يمثل استخدام غير مباشر وبدون تخطيط وهذا غير مشمول في هذه الدراسة.

أن ما يسمى مفاهيم الصرف الصحي البديلة والمبنية على أساس فصل المياه إلى مياه سوداء و بنية و صفراء و رمادية ليست مشمولة في المصفوفة ولهذا السياق يجب الرجوع إلى المراجع ذات العلاقة.

3.5 بنية المصفوفة وتفسير البنود

مصفوفة التقييم كاملة منشورة في الملحق وهي مقسمة إلى خمسة جداول وتحتوي على مجموعات تكنولوجية متناسقة.

كما بنيت المصفوفة بحيث تكون خطوات عملية المعالجة مرتبة في الأعمدة و معايير التقييم في السطور. وقد تم وصف عناوين الأسطر و معايير التقييم في الجدول رقم (1).

يكون التقييم من خلال تصنيفات مثل عالي, وسط, وقليل و " يستكمل جزئيا بمعلومات أساسية مثل استهلاك الطاقة وكفاءة الإزالة لبعض معايير المياه العادمة ,وقد بنيت التفاصيل على التقييمات الواردة في المراجع العلمية وتقديرات أعضاء مجموعة العمل.وتمثل الأرقام خلف كل مجال مصدر المعلومة ذو العلاقة وتفاصيل المرجع يشار لها في نهاية الملحق.

جدول 1: عناوين الأسطر و معايير التقييم

الجانب				السطر
المخاطر الصحية	عمال تشغيل مرافق محطة المعالجة			1
	مستخدمي المياه المعالجة			2
الجدوى الاقتصادية	تكاليف الاستثمار	متطلبات المكان		3
		الأعمال الإنشائية		4
		الأعمال الميكانيكية		5
		الأعمال الكهربائية		6
	تكاليف التشغيل	تكلفة متطلبات العمالة		7
		تكلفة متطلبات الطاقة		8
		التخلص من البقايا		9
		مصادر التشغيل		10
		تكاليف الصيانة الوقائية		11
التأثيرات على البيئة عند تشغيل وحدات محطة المعالجة	انبعاث غاز الميثان			12
	إزعاج من الرائحة			13
	الصوت / الضوضاء			14
	الرذاذ			15
	الحشرات (الديدان والذباب ، غيرها)			16
المتطلبات عن عمال التشغيل	التشغيل / النفقات التشغيلية			17
	نفقات الصيانة الوقائية			18
	التدريب المطلوب لعمال التشغيل			19
تكنولوجيا المحطات	درجة المكنكة			20
	القوة			21
	استقرار العملية			22
	القدرة على التأثير على نوعية المياه المتصرفة			23
	نوعية المياه المتصرفة (أداء المعالجة)	إزالة COD/BOD		24
		تخفيض المواد العالقة		25
		إزالة المغذيات	الامونيا	26
			النترات	27
			الفوسفور	28
		تخفيض الكائنات الممرضة	الفيروسات	29
			البكتيريا	30
			البرزويات	31
			الديدان	32
		اللون / الرائحة		33
		العكارة المتبقية		34
		زيادة الملوحة نتيجة المعالجة		35
	تراكم المواد المتبقية			36
تكنولوجيا الري	ري الجذور			37
	الري بالتنقيط			38
	الري بالرش			39
	الري بالغمر			40
أنواع الاستخدام	ري المزروعات			41
	ليست صالحة للشرب (لرحض المراحيض)			42
	الاستخدامات الحضرية (مثل الزراعة وإطفاء الحريق)			43
	ري الغابات			44

في الفقرات التالية تم وصف اسطر المصفوفة والتي تحتوي على معايير التقييم وتعريف تصنيفات التقييم المستخدمة.

1.3.5 *الأسطر 1-2 "المخاطر الصحية"*

يتم تقييم وصفي للمخاطر الصحية على عمال تشغيل مرافق محطات المعالجة ولمستخدمي للمياه المعالجة وذلك حسب التصنيفات التالية:

التصنيف	ملاحظات
عالي	في الحالات التي يتم فيها التعامل مع مواد كيماوية خطرة
متوسط	إمكانية ضرورة التعقيم يمكن أن يكون التعقيم مطلوباً
منخفض	التعامل بالمياه يكون ما قبل المعالجة فقط إذا كان التطبيق يحدث كمرحلة معالجة أولية

2.3.5 *الأسطر3-6 "الجدوى الاقتصادية تكلفة الاستثمار"*

تفاصيل الجدوى الاقتصادية هي عامة وبشكل مقارن. إن تصنيفاتها بشكل منخفض ومتوسط وعالي هو لاعتبارات المقارنة الأولية لعمليات المعالجة. وقد وضعت وحددت التصنيفات حسب المتغيرات الألمانية.

التصنيف	ملاحظات
عالي	التكلفة >1000 €/النسمة والمساحة المطلوبة > 1 م^2/النسمة
متوسط	التكلفة >600 إلى 1000 €/النسمة والمساحة المطلوبة > 1 م^2/النسمة
منخفض	التكلفة ≤ 600 €/النسمة والمساحة المطلوبة ≤ 0.3 م^2/النسمة

العوامل التي تؤثر على تكلفة الباطون لم تؤخذ بعين الاعتبار حيث أنها تختلف من موقع لآخر. إن تحديد تكاليف الاستثمار والتشغيل يجب حسابها من البداية وبعناية لكل مشروع حيث أن دراسة الجدوى الاقتصادية من أهم العوامل المقررة للتقييم.

إلا أن الخبرة الميدانية تشير إلى وجود فروق عالية بين دولة وأخرى وموقع وآخر لنفس البلد. وعلية هذه بعض المحددات التي يجب أخذها بعين الاعتبار:

- حالة السوق والوضع التنافسي في الموقع أو الدولة
- المواصفات التفصيلية للتكنولوجيا الواقع عليها المختارة
- العلاقة بين الأعمال المدنية والميكانيكية أو المعدات للتكنولوجيا المختارة
- مساهمة تكلفة العمالة في تكلفة الاستثمار والتشغيل في الدول ذات الأجور المنخفضة
- توفر وتكلفة التشغيل (الطاقة وقطع الغيار وبنود المصروفات والمواد الكيماوية وغيرها).
- الحاجة إلى تشغيل أو استخدام أشخاص بخبرات عاليه في أعمال الصيانة والصيانة الوقائية.

في مصفوف التقييم قسمت تكلفة الاستثمار إلى متطلبات المساحات لأرضية والأعمال المدنية والأعمال الميكانيكية وأعمال الكهربائية E+MCR وتكنولوجيا القياس- التحكم والتنظيم بالأرقام فإن المساحة الأرضية المطلوبة محددة بوحدة م^2/النسمة حيث أن السعر الأساسي وهذا يعتمد بشكل رئيسي على البلد.

للمقارنة النوعية فإن الأساس أن تكون خطوات التصميم تتناسب والحمل والسعة الهيدروليكية. وبناءً على ذلك تعطى تكلفة الاستثمار بناءً على أساس عدد السكان ومكافئ السكان €/النسمة أو على أساس السعة الهيدروليكية €/م^3 في الساعة ويكون التحويل بينهما ممكناً والى مدى محددة و فقط عندما يتم افتراض معدل تصريف المياه العادمة المحددة لكل نسمة أو مكافئ نسمة.

3.3.5 الأسطر 7-11 "الجدوى الاقتصادية – تكلفة التشغيل"

الملاحظات العامة والمتعلقة بالتكلفة الأولية تنطبق أيضاً على تكلفة التشغيل لمحطات المعالجة تحت الدراسة وهذه الملاحظات مقسمة إلى ما يلي:

- تكلفة الموظفين ومتطلباتهم
- تكلفة الطاقة ومتطلباتهم
- تكلفة التخلص من المواد المتبقية
- تكلفة المواد المستخدمة في المعالجة مثل (المرسبات والمخثرات)
- تكلفة الصيانة الوقائية

إن الأرقام المذكورة تعكس الظروف الألمانية للمحطات المنشأة حديثاً ولذلك لا يمكن تحديد تكلفة نقل التكنولوجيا إلى دول أخرى.

يعطي الجدول التالي تكلفة التشغيل الإجمالية لبعض طرق المعالجة باليورو لكل متر مكعب من المياه المعالجة حسب التصنيفات التالية:

التصنيف	ملاحظات
عالي	التكلفة > 0.4 €/م^3 و ≤ 0.8 €/م^3
متوسط	التكلفة > 0.06 €/م^3 إلى 0.4 €/م^3
منخفض	التكلفة ≤ 0.06 €/م^3

وقد تم حساب الطاقة المطلوبة بالكيلوواط ساعة اللازمة لمعالجة 1 م^3 من المياه العادمة وهذه القيمة لا تعتمد على البلد ويمكن استخدامها مباشرة في حسابات التكلفة.وقد أعطيت متطلبات الطاقة وفق التصنيفات التالية

التصنيف	ملاحظات
عالي	متطلبات الطاقة > 0.02 كيلووات ساعة لكل م^3 و ≤ 0.2 كيلووات ساعة لكل م^3
متوسط	متطلبات الطاقة > 0.002 إلى 0.02 كيلووات ساعة لكل م^3
منخفض	متطلبات الطاقة ≤ 0.002 كيلووات ساعة لكل م^3

4.3.5 الأسطر 12-16 "التأثير على البيئة نتيجة تشغيل المحطة"

إن التأثيرات البيئية الناتجة عن تشغيل محطات معالجة المياه العادمة تم تقيمها بشكل وصفي وحسب التصنيفات التالية:

- انبعاث غاز الميثان (أو انبعاث الغازات الضارة للمناخ)
- الانزعاج بسبب الرائحة
- الانزعاج بسبب الصوت
- الرذاذ المنبعث
- الحشرات (الديدان والذباب والبعوض وغيرها)

التصنيف	ملاحظات
عالي	تأثير عالي على البيئة
متوسط	تأثير متوسط على البيئة
منخفض	تأثير منخفض على البيئة

5.3.5 الأسطر 17 – 19 "متطلبات عمال التشغيل"

إن مستوى التدريب الحالي لغالبية عمال التشغيل في الدول النامية والأسواق الجديدة يمثل العامل المحدد لاختيار التكنولوجيا المستخدمة في المعالجة. وتشتمل مصفوفة التقييم على متطلبات العاملين لكل طريقة معالجة وذلك حسب التصنيفات التالية:

- قابلية التشغيل و/أو تكلفتها
- تكاليف الصيانة الوقائية
- التدريب اللازم لعمال التشغيل

التصنيف	ملاحظات
عالي	متطلبات عالية
متوسط	متطلبات متوسطة
منخفض	متطلبات منخفضة

6.3.5 *الأسطر من 20-36 "تكنولوجيا المحطات"*

لقد تم تجميع التفاصيل الفنية للطرق المختلفة تحت بند تكنولوجيا المحطات وبالتحديد كفاءة المعالجة. إضافة إلى المعلومات الرقمية المنشورة فقد تم استخدام التصنيفات الوصفية التالية:

تم تقييم نوعية المياه المعالجة/أو كفاءة المعالجة بناءً على معايير المياه العادمة التالية بحساب درجة إزالتها.

- الأكسجين الحيوي الممتص COD و BOD (المركبات الكربونية العضوية)
- المواد العالقة (SS) (المواد المفلترة و الصلبة والمعلقة)
- المغذيات (الأمونيا والنترات والفوسفات)
- كائنات حية مسببة للمرض (البكتيريا و البروتوزوا والديدان)

تشمل المصفوفة على تفاصيل درجة الإزالة (%) أو تركيز المياه المعالجة (مليجرام/اللتر). كذلك خفض عدد الكائنات الحية مسجلاً بدرجات لوغرثمية وقد استخدمت التصنيفات التالية.

التصنيف	ملاحظات
عالي	درجة الإزالة > 70% أو 4-6 درجة لوغرثمية
متوسط	درجة الإزالة 30- 70% أو 2-3 درجة لوغرثمية
منخفض	درجة الإزالة < 30% أو حتى 2 درجة لوغرثمية
لا تأثير	درجة الإزالة < 5%
ليست ذات علاقة	إذا ما استخدمت كمعالجة متقدمة فقط

وهناك أيضا معايير أخرى تم وصف خصائصها وحالتها في المياه المعالجة مثل:

- اللون والرائحة
- العكارة المتبقية
- زيادة ملوحة المياه نتيجة المعالجة

التصنيف	ملاحظات
عالي	المياه المعالجة تكون ذات لون/رائحة/عكارة عالية
متوسط	المياه المعالجة تكون ذات لون/رائحة/عكارة متوسطة
منخفض	المياه المعالجة تكون ذات لون/رائحة/عكارة منخفضة
لا تأثير	---

هناك أيضا معايير إضافية غير قابلة للتحديد ومتعلقة بوصف تكنولوجيا المعالجة تم تقيمها بشكل وصفي وهي:
إضافة إلى ذلك فإن المعايير غير المحددة تم حسابها للوصف المباشر لتكنولوجيا المحطة وتم تقيمها بالمقارنات التالية:

- التقنية
- القوة
- استقرار العملية
- التأثير على نوعية المياه المتصرفة.

التصنيف	ملاحظات
عالي	درجة أعلى
متوسط	درجة أعلى من المتوسط
منخفض	درجة منخفضة

إن كمية المواد الناتجة من عملية المعالجة تم تقيمها على النحو التالي:

التصنيف	ملاحظات
عالي	> 80 إلى 110 لتر/(النسمة في السنة) حمأة جافة تحتاج إلى التخلص منها
متوسط	> 40 إلى 80 لتر/(النسمة في السنة) حمأة جافة تحتاج إلى التخلص منها
منخفض	حتى 40 لتر/(النسمة في السنة) حمأة جافة تحتاج إلى التخلص منها
لا تتراكم	---

7.3.5 الأسطر 37-40 "تكنولوجيا الري"

في حالة استخدامها المياه المعالجة في الري فقد تم تحديد إمكانية استخدام المياه المعالجة باستخدام طرق المعالجة المختلفة وملائمتها لتكنولوجيا الري المستخدمة.

بشكل عام فإن تركيز المواد الصلبة ممثلة بمحتوى المواد الصلبة الجافة يجب أن يكون قليل جداً وبناءً على ذلك تكون عملية الفلترة موصى بها أو واجبة وذلك عند استخدام الرشاشات ذات الفتحات الصغيرة جداً.

يجب تعقيم المياه المستخدمة في عملية الرش على شكل رذاذ كما هو الحال في نظام الرشاشات وذلك للتقليل من المخاطر الصحية للمعاملين والجيران.

التصنيف	ملاحظات
مناسب	ممكن ولكن مع التحفظ لضرورة الفلترة أو التعقيم
أقل ملائمة	ضرورة الفلترة
غير مناسبة	---
ليس ذو علاقة	إذا استخدمت كمعالجة أولية فقط

8.3.5 الأسطر من 41-44 "خيارات الاستخدامات"

تفصل هذه الأسطر وحسب التفصيلات التالية ما إذا كان من الممكن استعمال المياه المعالجة و/أو صلاحيتها لتحقيق الأهداف الموصى بها:

التصنيف	ملاحظات
يوصى به	---
ممكن	---
لا يوصى به	---
ليس ممكناً	---

المراجع

AL-SABBAN, A. (2005): Presentation in Arabic by HE Ahmed Al-Sabban, Deputy Minister for Planning and Development, Ministry of Islamic Affairs, Kingdom of Saudi Arabia, at the conference "Middle East Water Reuse "27/28.11.2005, Abu Dhabi, UAE, organized by the Economic magazine MEED

ANGELAKIS, A.; TTHIRS, T.; LAZAROVA, V. (2001): Water Reuse in EU Countries: Necessity of Establishing EU-Guidelines, State of the Art Review, Report of the EUREAU Water Reuse Group EU2-01-26

ALCALDE, L.; ORON G.; MANOR, Y.; GILLERMAN, L.; SALGOT, M. (2004): Wastewater reclamation and reuse for agricultural irrigation in arid regions: The experience of the city of Arad, Israel, Israeli-Palestinian International Conference on Water for Life, Antalya, Turkey, Oct. 2004, <www.ipcri.org>

AQUAREC (2006): Water Reuse System Management Manual, AQUAREC (Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater), Editors: Davide Bixio and Thomas Wintgens, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2006, ISBN 92-79-01934-1, Kurzfassung auf www.aquarec.org>

ASANO, T. (2007): Water Reuse: Issues, Technologies and Applications, McGraw-Hill, 1. Auflage, März 2007, ISBN 9780071459273

ATV-M 205 (1998): Desinfektion von biologisch gereinigtem Abwasser, Ausgabe Juli 1998, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

ATV-DVWK-A 131 (2000): Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Ausgabe Mai 2000, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

BARJENBRUCH M.; AL JIROUDI D. (2005): Erfahrungen aus dem Vergleich von Kleinkläranlagen auf dem Demonstrationsfeld in Dorf Mecklenburg, GWF Wasser Abwasser, Jg. 146, Nr. 5, 2005, S. 400–407

Bfai – BUNDESAGENTUR FÜR AUßENWIRTSCHAFT (2007): Wassermanagement und Wassertechnik im Nahen und Mittleren Osten und in Nordafrika, 2007, Bundesagentur für Außenwirtschaft, ISBN 3866434952

CORNEL, P. (2006): Weitergehende Behandlung von Kläranlagenabläufen (A-Kohle, Oxidations-, Desinfektionsverfahren u. a.), DWA WasserWirtschaftsKurs M/2 vom 11.-13. Oktober 2006, ISBN 3939057584

CORNEL, P.; MEDA, A.; HUBER, H. (2007): Development of a Matrix as a Decision Support Mechanism for Comparison and Evaluation of Technologies in Water Reuse Applications, in: Schriftenreihe Gewässerschutz-Wasser-Abwasser (GWA), Bd. 206, Advanced Sanitation, Hrsg.: Inst. für Siedlungswasserwirtschaft, RWTH Aachen, März 2007, ISBN 9783938996126, S. 28/1–28/9

CORNEL, P.; MEDA, A. (2008): Water reuse situation in Central Europe: the current situation, in: Water Reuse: An International Survey, Contrasts, issues and needs around the world, Editors: Blanca Jimenez und Takashi Asano, IWA Publishing, London, geplantes Veröffentlichungsdatum: 1. 2. 2008, ISBN 1843390892

DIN 19650 (1999): Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser, Ausg.: Febr. 1999, Beuth Verlag, Berlin

DWA-LANDESVERBAND BAYERN (2005): Kanal- und Kläranlagennachbarschaften, Fortbildung des Betriebspersonals 2005, München, ISBN 3887210581

DWA-A 262 (2006): Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur Reinigung kommunalen Abwassers, Ausgabe: März 2006, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

EMWIS (2007): Final report on waste water reuse – Annex B – Case studies, Nov. 2007, Ergebnisse der Arbeitsgruppe Abwasserwiederverwendung, Euro-Mediterranean Information System on Know-how in the Water Sector, <www.emwis.net/topics/waterreuse>

ENGELHARDT, N. (2006): Die Membranbelebungsanlage Nordkanal, Wiener Mitteilungen, Band 195, Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen, ISBN 3852340861

FRECHEN, F. B. (2006): Leistung und Kosten des Membranbelebungsverfahrens, DWA WasserWirtschafts- Kurs M/2 vom 11.-13. Oktober 2006, ISBN 3939057584

GRÜNEBAUM, T.; WEYAND, M. (1995): Reduzierung der Betriebskosten bei der Abwasserbehandlung, 47. Darmstädter Seminar – Abwassertechnik – am 15. November 1995, Schriftenreihe WAR, Band 86, TH Darmstadt, ISBN 3923419791, S. 155–178

GÜNDER, B. (2001): Das Membranbelebungsverfahren in der kommunalen Abwasserbehandlung, Kommunale Kläranlagen, 2. Auflage, Technische Akademie Esslingen, Expert Verlag, ISBN 3816919944, S. 173–192

GÜNTHERT, F. W.; REICHERTER, E. (2001): Investitionskosten der Abwasserreinigung, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, ISBN 3486265075

GTZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT MBH, EMSCHER GESELLSCHAFT FÜR WASSERTECHNIK MBH (2006): Ausbildungsprogramm ONA, Algerien (PPP-Maßnahme), Schlussdokumentation, Zeitraum: 01.01. – 31.12.2006, Komponente 3 des Programms der Technischen Zusammenarbeit „Integrierte Wasserwirtschaft Algerien“

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL OM CLIMATE CHANGE (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Fourth Assessment Report, Summary for Policymakers, Working Group II of the IPCC, Brussels, April 2007

IRC – INTERNATIONAL WATER AND SANITATION CENTRE (2004): Waste stabilization ponds for wastewater treatment, <http://www.irc.nl/page/8237>

JIMINEZ, B.; ASANO, T. (2008): Water Reuse: An International Survey, Contrasts, issues and needs around the world, Editors: Blanca Jimenez and Takashi Asano, IWA Publishing, London, 2007, geplantes Veröffentlichungsdatum: 1.2.2008, ISBN 1843390892

LABER, J. (2001): Bepflanzte Bodenfilter zur weitergehenden Reinigung von Oberflächenwasser und Kläranlagenabläufen, Wiener Mitteilungen, Band 167, ISBN 3852340586

LENZ, G. (2004): Qualifikation des Betriebspersonals auf Kläranlagen, Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

LÜTZNER, K. (2002): Ein Beitrag zur Bilanzierung von Bodenfiltern, Dresdner Berichte 21, TU Dresden, ISSN 1615083X

MED-EUWI – MEDITERRANEAN EU WATER INITIATIVE (2007): Mediterranean Wastewater Reuse Report, Joint Mediterranean EIWI/WFD Process, Produced by the Mediterranean Wastewater Reuse Working Group, Nov. 2007, <http://www.emwis.net/topics>

MURL – MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LADWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (1999): Handbuch – Energie in Kläranlagen, Düsseldorf, September 1999

NOWAK, J. (2005): Abwasserbehandlung in bepflanzten Bodenfiltern – Arbeitsblatt DWA-A 262 (Bemessung, Bau und Betrieb), 2005, DWA WasserWirtschafts-Kurs L/6 Abwasserentsorgung im ländlichen Raum, ISBN 3939057002

ORTH, H. (2005): Länderbericht USA, in: Anforderungen an die Abwassertechnik in anderen Ländern, Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 02WA0452, Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil II: Abwasserbehandlung und Wasserwieder-verwendung, Hrsg.: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Bochum, ISBN 3981025504

RUDOLPH, K.-U.; SCHÄFER, D. (2001): Untersuchungen zum internationalen Stand und der Entwicklung Alternativer Wassersysteme, Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF-Forschungsvorhaben 02WA0074, Oktober 2001

RUHRVERBAND (1992): Seminar über Schönungsteiche am 19. November 1992 beim Ruhrverband in Essen

SALA, L.; MUJERIEGO, R.; SERRA, M.; ASANO, T. (2002): Spain sets the example, Water 21, August 2002, S. 18–20

SCHLEYPEN, P. (2005): Isar-Badegewässerqualität, Vortrag beim Wasserwirtschaftlichen Kolloquium an der Universität der Bundeswehr München

SCHNEIDER, T. (2005): Länderbericht Jordanien, in: Anforderungen an die Abwassertechnik in anderen Ländern, Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 02WA0452, Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil II: Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung, Hrsg.: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Bochum, ISBN 3981025504

STATISTISCHES BUNDESAMT (2006): Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Kap. 12.4 in Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 2006, Statistisches Bundesamt Deutschland, ISBN 9783824607730

STROHMEIER, A. (1998): Filtrationsanlagen, Kommunale Kläranlage, Technische Akademie Esslingen, Expert Verlag, ISBN 3816914063, S. 246–266

UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (2006): Water – A Shared Responsibility, The United Nations World Water Development Report 2, UNESCO Publishing, Paris/Berghahn Books, New York, ISBN 9789231040061

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2007): Global Environment Outlook: Environment for Development (GEO-4), <www.unep.org/geo/geo4/>

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C.A.L. (2006): Wastewater treatment in warm climates, Water 21, April 2006

WEDI, D.; WILD, W.; RESH, H. (2005): Betriebsergebnisse der MBR Monheim – Abwasserreinigung und Erhalt der Permeabilitäten mittels chlorfreier chemischer Reinigung, in: Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung – Perspektiven, Neuentwicklungen und Betriebserfahrungen im In- und Ausland, 6. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik, Aachen 2005, Beitrag A9, Hrsg.: T. Melin, J. Pinnekamp, M. Dohmann, ISBN 3861307758

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey-water, World Health Organization, Geneva, 2006, Veröffentlichung in vier Bänden

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006a): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and grey-water, Volume 2: Wastewater use in agriculture, World Health Organization, Geneva, 2006, ISBN 9241546832

الملاحق: مصفوفة التقييم للخطوات العملية لمعالجة المياه العادمة بهدف إعادة استخدامها

المعالجة الميكانيكية

الجانب			رقم السطر	المعالجة الميكانيكية							
				التصفية				الترسيب			
				مع ترسيب / تخثير		بدون ترسيب / تخثير		تصفية دقيقة 10 ميكرومتر		مع ترسيب / تخثير		بدون تخثير	
المخاطر الصحية	عمل تشغيل مرافق محطة المعالجة		1	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	25	متوسط	25	منخفض	27	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28	متوسط	28
	مستخدمي المياه المعالجة		2	منخفض (فقط كمرحلة معالجة مسبقة)	25	منخفض (فقط كمرحلة معالجة مسبقة)	25	منخفض (التطهير ضروري)	27	منخفض (فقط كمرحلة معالجة مسبقة)	28	منخفض (فقط كمرحلة معالجة مسبقة)	28
الجدوى الاقتصادية	تكاليف الاستثمار	متطلبات المكان	3	منخفض	25	منخفض	25	منخفض	27	منخفض (0.04-0.06 م2/النسمة)	6	منخفض (0.02-0.04 م2/النسمة)	6
		الأعمال الإنشائية	4	متوسط (400-1000 €/ (متر مكعب/ساعة) +تخثير	2	منخفض (400-1000 €/ (متر مكعب/ساعة)	2	منخفض	27	متوسط (250-1000 €/النسمة حوض ترسيب + 80-1 €/النسمة ترسيب)	3	متوسط (250-1000 €/النسمة حوض ترسيب)	3
		الأعمال الميكانيكية	5	منخفض	25	منخفض	25	متوسط	27	منخفض	34	منخفض	34
		الأعمال الكهربائية	6	منخفض	25	منخفض	25	منخفض	27	منخفض	34	منخفض	34
	تكاليف التشغيل	تكلفة متطلبات العمالة	7	منخفض	25	منخفض	25	منخفض	27	منخفض	34	منخفض	34
		تكلفة متطلبات الطاقة	8	متوسط (0117،0-0017 كيلووات ساعة/م3)	27	متوسط (0009-0013/م3)	27	منخفض	27	منخفض (~ 0002 كيلووات ساعة/م3)	5	منخفض (~ 0001 كيلووات ساعة/م3)	5
		التخلص من البقايا	9	عالي	25	متوسط	25	منخفض	27	عالي	34	متوسط	34
		مصادر التشغيل	10	عالي	25	منخفض (انعدام المصادر اللازمة للتشغيل)	25	منخفض	27	عالي	34	منخفض (لا يوجد مصادر تشغيل)	34
		تكاليف الصيانة الوقائية	11	عالي	25	منخفض	25	منخفض	27	منخفض	34	منخفض	34
التأثيرات على البيئة عند تشغيل وحدات محطة المعالجة	انبعاث غاز الميثان		12	بلا	25	بلا	25	بلا	27	منخفض (تتكون كميات قليلة من غاز الميثان عندما تكون عملية التحلل اللاهوائي ممكنة وذلك عند فترات الترسيب الطويلة	30	منخفض (تتكون كميات قليلة من غاز الميثان عندما تكون عملية التحلل اللاهوائي ممكنة وذلك عند فترات الترسيب الطويلة	
	إزعاج من الرائحة		13	عالي	29	عالي	29	منخفض	27	منخفض	29	متوسط	29
	الصوت / الضوضاء		14	منخفض	29	منخفض	29	منخفض	27	منخفض	29	منخفض	29
	الرذاذ		15	منخفض	29	منخفض	29	متوسط	27	منخفض	29	منخفض	29
	الحشرات (الديدان ، والذباب ، الخ)		16	عالي	29	عالي	29	منخفض	27	متوسط	29	منخفض	29
متطلبات على عمال التشغيل	التشغيل / النفقات التشغيلية		17	متوسط	31	منخفض	25	متوسط	31	متوسط	31	منخفض	31
	نفقات الصيانة الوقائية		18	متوسط	31	منخفض	25	متوسط	31	متوسط	31	منخفض	31
	التدريب المطلوب لعمل التشغيل		19	متوسط	29	منخفض	29	متوسط (عمالة مدربة مطلوبة)	27	متوسط	29	منخفض	29
تكنولوجيا المحطات	درجة المكننة		20	منخفض / متوسط	25	منخفض	25	عالي	27	متوسط	27	منخفض	27
	القوة		21	عالي	25	عالي	25	متوسط	27	متوسط	27	عالي	27
	استقرار العملية		22	عالي	25	عالي	25	متوسط	27	عالي	27	عالي	27
	القدرة على التأثير على نوعية المياه المتصرفة		23	متوسط	25	منخفض	31	منخفض	31	متوسط	31	منخفض	31
	نوعية المياه المتصرفة (أداء المعالجة)	إزالة COD/BOD	24	متوسط (الحد الأقصى 60٪)	25	منخفض (الحد الأقصى 25 ٪)	25	منخفض (< من 10 ٪ او <60 ملغ / لتر)	27	متوسط/عالي (55-75٪ COD، 45-80٪BOD)	6	متوسط/عالي (25-35٪ COD، 30-35٪BOD)	6
		تخفيض المواد العالقة	25	عالي (الحد الأقصى 95٪)	25	عالي (85٪)	25	متوسط (< من 30 ٪ او <10 ملغ / لتر)	27	متوسط/عالي (60-90٪)	6	متوسط (55-65٪)	6
		إزالة المغذيات: الامونيا	26	منخفض (10٪)	34	منخفض (10٪)	34	منخفض	27	منخفض (<-30٪)	6	منخفض (<-30٪)	6
		النترات	27	لا تأثير (0٪)	25	لا تأثير (0٪)	25	منخفض	27	لا تأثير (0٪)	34	لا تأثير (0٪)	3
		الفوسفور	28	عالي	25	منخفض (<10 ٪)	25	منخفض	27	عالي (75-90٪)	6	متوسط/منخفض (<35٪)	6
		تخفيض الكائنات: الفيروسات	29	منخفض	34	منخفض	34	لا يوجد تفاصيل	27	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	منخفض (0-1 لوغرثم)	1
		البكتيريا	30	منخفض	34	منخفض	34	لا يوجد تفاصيل	27	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	منخفض (0-1 لوغرثم)	1

الجانب			رقم السطر	المعالجة الميكانيكية							
				التصفية						الترسيب	
				مع ترسيب / تخثير		بدون ترسيب / تخثير		تصفية دقيقة 10 ميكرومتر		مع ترسيب / تخثير	بدون تخثير
	المعرضة	البرزويات	31	منخفض	34	منخفض	34	لا يوجد تفاصيل	27	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	منخفض (0-1 لوغرثم)	1
		الديدان	32	منخفض	34	منخفض	34	لا يوجد تفاصيل	27	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	منخفض (0-<1 لوغرثم)	1
	اللون / الرائحة		33	لا تأثير	25	لا تأثير	25	لا تأثير	27	منخفض عند زمن مكوث قليل وإمكانية حدوث رائحة من خلال العمليات اللاهوائية	30	منخفض عند زمن مكوث أطول وإمكانية حدوث رائحة من خلال العمليات اللاهوائية	30
	العكارة المتبقية		34	منخفض	25	متوسط	25	منخفض	27	منخفض	34	متوسط	34
	زيادة الملوحة نتيجة المعالجة		35	متوسط (ملوحة نتيجة الترسيب الكيميائي)	25	لا تأثير	25	لا تأثير	27	عالي (ملوحة نتيجة الترسيب الكيميائي)	30	لا تأثير	30
	تراكم المواد المتبقية		36	متوسط (يعتمد على المدينة: 15-70 لتر/ (النسمة في السنة))	27	متوسط (يعتمد على المدينة: 15-60 لتر/ (النسمة في السنة))	27	منخفض	27	عالي (730-2500 لتر/ (النسمة في السنة) للمحلول الغير مستقر أو 40-110 لتر/ (النسمة في السنة) للحمأة المجففة)	6	منخفض (330-730 لتر/ (النسمة في السنة) للمحلول الغير مستقر أو 15-40 لتر/ (النسمة في السنة) للحمأة المجففة)	6
تكنولوجيا الري	ري الجذور		37	غير مناسب	25	غير مناسب	25	مناسب	27	غير مناسب	10	غير مناسب	10
	الري بالتنقيط		38	غير مناسب	25	غير مناسب	25	مناسب	27	غير مناسب	10	غير مناسب	10
	الري بالرش		39	مناسب (يحتاج إلى تعقيم)	25	غير مناسب	25	مناسب	27	مناسب (يحتاج إلى تعقيم)	10	مناسب (يحتاج إلى تعقيم)	10
	الري بالغمر		40	مناسب	25	مناسب	25	مناسب	27	مناسب	10	مناسب	10
أنواع الاستخدام	ري المزروعات		41	ممكن	29	لا يوصى به	29	يوصى به	27	ممكن	29	ممكن	29
	ليست صالحة للشرب (لرحض المراحيض)		42	لا يوصى به	25	غير ممكن	25	ممكن	27	لا يوصى به	29	غير ممكن	29
	الاستخدامات الحضرية (مثل الزراعة وإطفاء الحريق)		43	لا يوصى به	25	غير ممكن	25	ممكن	27	لا يوصى به	29	غير ممكن	29
	ري الغابات		44	ممكن	25	ممكن	25	يوصى به	27	ممكن	29	ممكن	29

برك و مرافق التخزين وأحواض معالجة المياه العادمة

الجانب			رقم السطر	برك المياه العادمة				مرافق تخزين المياه العادمة وأحواض المعالجة	
				برك مهواة / هوائية مع برك ترسيب		برك غير مهواة / أنوكسك /غير هوائية		برك الصقل النهائية	
المخاطر الصحية	عمال تشغيل مرافق محطة المعالجة		1	منخفض	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
	مستخدمي المياه المعالجة		2	متوسط (عملية التطهير مطلوبة)	26.33	متوسط (عملية التطهير مطلوبة)	26.33	متوسط (عملية التطهير مطلوبة)	26.33
الجدوى الاقتصادية	تكاليف الاستثمار	متطلبات المكان	3	عالي (0.25-0.5 م²/النسمة)	6	عالي (1.2-3.0 م²/النسمة)	6	عالي (3.0-5.0 م²/النسمة)	6
		الأعمال الإنشائية	4	منخفض (300-1000 €/ نسمة)	26.33	منخفض (300-1000 €/ نسمة)	26.33	منخفض (300-1000 €/ نسمة)	26.33
		الأعمال الميكانيكية	5	منخفض	2	منخفض	2	منخفض	26.33
		الأعمال الكهربائية	6	منخفض	2	منخفض	2	منخفض	26.33
	تكاليف التشغيل	تكلفة متطلبات العمالة	7	منخفض	4	منخفض	4	منخفض	26.33
		تكلفة متطلبات الطاقة	8	متوسط	33	منخفض	33	منخفض	34
		التخلص من البقايا	9	متوسط	26.33	متوسط	26.33	منخفض	33
		مصادر التشغيل	10	منخفض (انعدام المصادر اللازمة للتشغيل)	26.33	منخفض (انعدام المصادر اللازمة للتشغيل)	26.33	منخفض (انعدام المصادر اللازمة للتشغيل)	26.33
		تكاليف الصيانة الوقائية	11	منخفض	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
التأثيرات على البيئة عند تشغيل وحدات محطة المعالجة	انبعاث غاز الميثان		12	متوسط (تكون غاز الميثان في منطقة الترسيب من خلال عملية التحلل اللاهوائي)	26.33	عالي (تكون كثيف لغاز الميثان من خلال عملية التحلل اللاهوائي)	26.33	منخفض (تكون غاز الميثان من خلال عملية التحلل اللاهوائي للمواد المتبقية والحمأة)	26.33
	إزعاج من الرائحة		13	منخفض	26.33	عالي (يعتمد على طريقة التشغيل)	26.33	منخفض	26.33
	الصوت / الضوضاء		14	متوسط (يعتمد على التهوية)	26.33	لا يوجد	26.33	لا يوجد	26
	الرذاذ		15	متوسط (يعتمد على نظام التهوية)	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
	الحشرات (الديدان ، والذبلب ، الخ)		16	عالي (بعوض)	26.33	عالي (بعوض)	26.33	عالي (بعوض)	26.33
متطلبات على عمال التشغيل	التشغيل / النفقات التشغيلية		17	منخفض	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
	نفقات الصيانة الوقائية		18	منخفض	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
	التدريب المطلوب لعمال التشغيل		19	منخفض	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
تكنولوجيا المحطات	درجة المكننة		20	منخفض	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
	القوة		21	عالي	26.33	عالي	26.33	عالي	26.33
	استقرار العملية		22	عالي	26.33	عالي	26.33	عالي	26.33
	القدرة على التأثير على نوعية المياه المتصرفة		23	منخفض	26.33	منخفض	26.33	منخفض	26.33
	نوعية المياه المتصرفة (أداء المعالجة)	إزالة COD/BOD	24	متوسط/عالي (65-80% COD ; 75-85% BOD)	6	متوسط/عالي (65-80% COD ; 75-85% BOD)	6	منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	26.33
		تخفيض المواد العالقة	25	عالي (70-80٪)	6	عالي (70-80٪)	6	منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	26.33
		إزالة المغذيات الامونيا	26	منخفض (<30٪)	6	متوسط (<50٪)	6	منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	26.33
		النترات	27	منخفض (<30٪ نيتروجين كلي)	6	متوسط (<60٪ نيتروجين كلي)	6	منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	26.33

مرافق تخزين المياه العادمة وأحواض المعالجة	
منخفض	26.33
منخفض (عند زمن مكوث طويل)	26.33
عالي	6
متوسط	26.33
منخفض	26.33
منخفض	26.33
منخفض	26.33
منخفض	34
منخفض	33
منخفض (انعدام المصادر اللازمة للتشغيل)	26.33
منخفض	26.33
عالي (تكون كثيف لغاز الميثان من خلال عملية التحلل اللاهوائي)	26.33
منخفض	26.33
لا يوجد	26
منخفض	26.33
عالي (بعوض)	26.33
منخفض	26.33
منخفض	26.33
منخفض	26.33
منخفض	26.33
عالي	26.33
عالي	26.33
منخفض	26.33
منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	10
منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	10
منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	10
منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	10

الجانب			رقم السطر	برك المياه العادمة				مرافق تخزين المياه العادمة وأحواض المعالجة	
				برك مهواة / هوائية مع برك ترسيب		برك غير مهواة / أنوكسك /غير هوائية		برك الصقل النهائية	
		الفوسفور	28	متوسط/ منخفض (<30٪)	6	متوسط/ منخفض (<35٪)	6	منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	26.33	منخفض (انخفاض الأحمال المتبقية/توازن في الحد الأعلى للتصرف	10
	تخفيض الكائنات الممرضة	الفيروسات	29	منخفض (1-2 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-4 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-4 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-4 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1
		البكتيريا	30	منخفض (1-2 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-6 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-6 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-6 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1
		البرزويات	31	منخفض (0-1 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (0-4 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-4 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	عالي (1-4 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1
		الديدان	32	متوسط (1-3 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	متوسط (1-3 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	متوسط (1-3 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1	متوسط (1-3 لوغرثم يعتمد على زمن المكوث)	1
	اللون / الرائحة		33	متوسط (يتلون لوجود الطحالب والبكتيريا)	26.33	عالي (يتلون لوجود الطحالب والبكتيريا/ رائحة من خلال عملية التحلل اللاهوائي)	26.33	متوسط (يتلون لوجود الطحالب والبكتيريا)	26.33	متوسط (يتلون لوجود الطحالب والبكتيريا)	26.33
	العكارة المتبقية		34	متوسط	26.33	متوسط	26.33	متوسط	26	منخفض	26.33
	زيادة الملوحة نتيجة المعالجة		35	متوسط (خطر الملوحة نتيجة التبخر)	26.33	متوسط (خطر الملوحة نتيجة التبخر)	26.33	متوسط (خطر الملوحة نتيجة التبخر)	26.33	متوسط (خطر الملوحة نتيجة التبخر)	26.33
	تراكم المواد المتبقية		36	متوسط (يعتمد على زمن إزالة الحمأة)	26.33	متوسط (يعتمد على زمن إزالة الحمأة)	26.33	منخفض (يعتمد على زمن إزالة الحمأة)	26.33	منخفض (يعتمد على زمن إزالة الحمأة)	26.33
تكنولوجيا الري	ري الجذور		37	مناسب (يتطلب ترشيح)	10	مناسب (يتطلب ترشيح)	10	مناسب (يتطلب ترشيح)	10	مناسب (يتطلب ترشيح)	10
	الري بالتنقيط		38	مناسب (يتطلب ترشيح)	10	مناسب (يتطلب ترشيح)	10	مناسب (يتطلب ترشيح)	10	مناسب (يتطلب ترشيح)	10
	الري بالرش		39	أقل مناسبة (يتطلب تعقيم)	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10
	الري بالغمر		40	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10
أنواع الاستخدام	ري المزروعات		41	ممكن	26.33	ممكن	26.33	ممكن	26.33	ممكن	26.33
	ليست صالحة للشرب (لرحض المراحيض)		42	لا يوصى به	26.33	لا يوصى به	26.33	لا يوصى به	26.33	لا يوصى به	26.33
	الاستخدامات الحضرية (مثل الزراعة وإطفاء الحريق)		43	لا يوصى به	26.33	لا يوصى به	26.33	لا يوصى به	26.33	لا يوصى به	26.33
	ري الغابات		44	ممكن	26.33	ممكن	26.33	ممكن	26.33	ممكن	26.33

مفاعلات التدفق الصاعد اللاهوائي ذات طبقة الحماة (UASB) و عمليات الحمأة المنشطة والمرشحات البيولوجية و أحواض القصيب

الجانب		رقم المسطر	UASB		عمليات الحمأة المنشطة				المرشحات البيولوجية		محطات النباتات	
					إزالة المواد الكربونية		إزالة المغذيات					
المخاطر الصحية	عمال تشغيل مرافق محطة المعالجة	1	منخفض	28	منخفض	28	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28	منخفض	28	منخفض	28
	مستخدمي المياه المعالجة	2	منخفض (فقط كمرحلة معالجة مسبقة)	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28
الجدوى الاقتصادية	تكاليف الاستثمار متطلبات المكان	3	منخفض (0.03-0.1 م²/النسمة)	6	منخفض (0.12-0.25 م²/النسمة)	6	منخفض (0.12-0.25 م²/النسمة)	6	منخفض (0.12-0.3 م²/النسمة)	6	عالي (3-5 م²/النسمة)	6
	الأعمال الإنشائية	4	متوسط	26	متوسط (100-800 €/النسمة)	2	متوسط (200-900 €/النسمة)	2	متوسط (200-600 €/النسمة)	2	عالي (1000-2000 €/النسمة)	24
	الأعمال الميكانيكية	5	متوسط	30	متوسط (40-80 €/النسمة)	2	متوسط (40-80 €/النسمة)	2	منخفض	2	منخفض	24
	الأعمال الكهربائية	6	متوسط	30	عالي	2	عالي	2	منخفض	2	منخفض	24
	تكاليف التشغيل تكلفة متطلبات العمالة	7	منخفض	30	متوسط (5-10 €/النسمة في السنة)	8	متوسط (5-10 €/النسمة في السنة)	8	منخفض	4.9	منخفض (50-130 €/النسمة في السنة)	24
	تكلفة متطلبات الطاقة	8	منخفض	30	عالي (~ 0.110 كيلووات ساعة/م³)	5	عالي (~ 0.190 كيلووات ساعة/م³)	5	متوسط (~ 0.085 كيلووات ساعة/م³)	5		
	التخلص من البقايا	9	منخفض	30	متوسط (10-20 €/النسمة في السنة)	8	متوسط (10-20 €/النسمة في السنة)	8	منخفض	4.9		
	مصادر التشغيل	10	منخفض (انعدام المصادر اللازمة للتشغيل)	30	متوسط (1-2.5 €/النسمة في السنة)	8	متوسط (1-2.5 €/النسمة في السنة)	8	منخفض	4.9		
	تكاليف الصيانة الوقائية	11	منخفض	32	متوسط (2.5-5 €/النسمة في السنة)	8	متوسط (2.5-5 €/النسمة في السنة)	8	منخفض	4.9		
التأثيرات على البيئة عند تشغيل وحدات محطة المعالجة	انبعاث غاز الميثان	12	عالي (يكون غاز الميثان مذاباً في المياه المعالجة ويزداد مقداره بزيادة درجة الحرارة وينطلق إلى الجو)	30	لا يوجد	30	لا يوجد	30	لا يوجد (إذا كان تدفق الهواء غير كافي مع إمكانية تكوين مناطق لاهوائية وتوليد غاز الميثان)	30	منخفض (تكون مناطق لاهوائية مع إمكانية تكوين غاز الميثان)	26
	إزعاج من الرائحة	13	منخفض	30	متوسط	29	منخفض	29	متوسط	30	منخفض	30
	الصوت / الضوضاء	14	منخفض	30	متوسط/عالي (يعتمد على تكنولوجيا المعالجة)	29	متوسط/عالي (يعتمد على تكنولوجيا المعالجة)	29	لا يوجد	26	لا يوجد	26
	الرذاذ	15	منخفض	30	منخفض/عالي (يعتمد على تكنولوجيا المعالجة)	29	منخفض/عالي (يعتمد على تكنولوجيا المعالجة)	29	منخفض	30	منخفض	30
	الحشرات (الديدان ، والذباب ، الخ)	16	منخفض	30	منخفض	29	منخفض	29	عالي	30	عالي	30
متطلبات على عمال التشغيل	التشغيل / النفقات التشغيلية	17	متوسط	30	متوسط	31	عالي	31	متوسط	30	منخفض	30
	نفقات الصيانة الوقائية	18	متوسط	30	متوسط	31	عالي	31	متوسط	30	منخفض (على فترات زمنية عند قص النباتات)	30
	التدريب المطلوب لعمال التشغيل	19	متوسط	30	متوسط	29	عالي	29	متوسط	30	منخفض	30
تكنولوجيا المحطات	درجة المكننة	20	منخفض	27	عالي	27	عالي	27	متوسط	30	منخفض	27
	القوة	21	منخفض	27	عالي	27	عالي	27	عالي	27	منخفض/ متوسط	27
	استقرار العملية	22	منخفض	27	عالي	27	عالي	27	عالي	27	عالي	27
	القدرة على التأثير على نوعية المياه المتصرفة	23	متوسط	30	عالي	30	عالي	30	متوسط	30	منخفض	30

الجانب			رقم الشرط	UASB	عمليات الحماة المنشطة				المرشحات البيولوجية		محطات النباتات	
					إزالة المواد الكربونية		إزالة المغذيات					
نوعية المياه المتصرفة (أداء المعالجة)	إزالة COD/BOD		24	متوسط / عالي (50 الى 85-95%)	30	عالي (80-90% COD ; 85-93% BOD)	6	عالي (80-90% COD ; 85-93% BOD)	6	عالي (70-90% COD ; 80-93% BOD)	6	عالي (75-85% COD ; 80-90% BOD)	6
	تخفيض المواد العلقة		25	متوسط / عالي (65-80%)	6	عالي (87-93٪)	6	عالي (87-93٪)	6	عالي (87-93٪)	6	عالي (87-93٪)	6
	إزالة المغذيات	الامونيا	26	متوسط (<50٪)	6	منخفض (20٪)	3	عالي (< 80٪)	6	متوسط/عالي (50-85٪)	6	متوسط/عالي (40-98٪ مع اختلاف فصول السنة)	29
		النترات	27	متوسط (<60٪ نيتروجين كلي)	6	لا تأثير (0٪)	3	عالي (28٪)	34	متوسط (<60٪ نيتروجين كلي)	6	منخفض (0-17٪)	24
		الفوسفور	28	متوسط / منخفض (<35٪)	6	منخفض (30%بدون ترسيب)/عالي (90% مع ترسيب)	3	منخفض (30%بدون ترسيب)/عالي (90% مع ترسيب)	3	منخفض/منخفض (<35% فقط عند الترسيب)	4.9	متوسط/عالي (30-95% يعتمد على العمر)	29
	تخفيض الكائنات الممرضة	الفيروسات	29	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	منخفض (0-2 لوغرثم)	1	منخفض (0-2 لوغرثم)	1	منخفض (0-2 لوغرثم)	1	منخفض (1-2 لوغرثم)	1
		البكتيريا	30	منخفض (0.5-1.5 لوغرثم)	1	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	متوسط/منخفض (0.5-3 لوغرثم)	1
		البرزويات	31	منخفض (0-1 لوغرثم)	1	منخفض (0-1 لوغرثم)	1	منخفض (0-1 لوغرثم)	1	منخفض (0-1 لوغرثم)	1	منخفض (0.5-2 لوغرثم)	1
		الديدان	32	منخفض (0.5-1 لوغرثم)	1	منخفض (1-<2 لوغرثم)	1	منخفض (1-<2 لوغرثم)	1	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1
	اللون / الرائحة		33	عالي (تكون مواد ذات رائحة نتيجة التحلل اللاهوائي)	30	منخفض (عند تشغيل صحيح)	30	منخفض (عند تشغيل صحيح)	30	منخفض (مع إمكانية تكون مواد ذات رائحة عند الظروف اللاهوائية)	30	منخفض (مع إمكانية تكون مواد ذات رائحة عند الظروف اللاهوائية)	30
	العكارة المتبقية		34	متوسط	30	متوسط	26	متوسط	34	متوسط	30	متوسط	30
	زيادة الملوحة نتيجة المعالجة		35	لا تأثير	30	منخفض	30	متوسط (زيادة الملوحة نتيجة الترسيب الكيميائي عند إزالة الفسفور)	30	منخفض (خطر زيادة الملوحة نتيجة الترسيب أو تبخر الماء عند زيادة معدل التدوير وأشعة الشمس وانخفاض رطوبة الهواء)	30 34	منخفض (خطر زيادة الملوحة نتيجة عمليات النتح بواسطة النباتات)	30
	تراكم المواد المتبقية		36	منخفض (70-220 لتر/النسمة في السنة وسائل غير مستقر أو 10-35 لتر/النسمة في السنة من الحماة المجففة)	6	عالي (1100-3000 لتر/النسمة في السنة وسائل غير مستقر أو 35-90 لتر/النسمة في السنة من الحماة المجففة)	6	عالي (1100-3000 لتر/النسمة في السنة وسائل غير مستقر أو 35-90 لتر/النسمة في السنة من الحماة المجففة)	6	متوسط (360-1900 لتر/النسمة في السنة وسائل غير مستقر أو 35-80 لتر/النسمة في السنة من الحماة المجففة)	6	متوسط/عالي (عند قص النباتات)	30
تكنولوجيا الري	ري الجذور		37	ليست ذات صلة (معالجة مسبقة فقط)	10	ليست ذات صلة (معالجة مسبقة فقط)	10	مناسب (يحتاج إلى ترشيح)	10	أقل مناسبة (يحتاج إلى ترشيح)	10	أقل مناسبة (يحتاج إلى ترشيح)	10
	الري بالتنقيط		38	ليست ذات صلة (معالجة مسبقة فقط)	10	مناسب (يحتاج إلى ترشيح)	10	مناسب (يحتاج إلى ترشيح)	10	أقل مناسبة (يحتاج إلى ترشيح)	10	أقل مناسبة (يحتاج إلى ترشيح)	10
	الري بالرش		39	ليست ذات صلة (معالجة مسبقة فقط)	10	مناسب (يحتاج إلى تعقيم)	10	مناسب (يحتاج إلى تعقيم)	10	مناسب (يحتاج إلى تعقيم)	10	مناسب (يحتاج إلى تعقيم)	10
	الري بالغمر		40	ليست ذات صلة (معالجة مسبقة فقط)	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10
أنواع الاستخدام	ري المزروعات		41	لا يوصى به	30	يوصى به	29	يوصى به	29	ممكن	30	ممكن	30
	ليست صالحة للشرب (لرحض المراحيض)		42	غير ممكن	30	لا يوصى به	29	ممكن	29	لا يوصى به	30	لا يوصى به	30
	الاستخدامات الحضرية (مثل الزراعة وإطفاء الحريق)		43	غير ممكن	30	لا يوصى به	29	ممكن	29	لا يوصى به	30	لا يوصى به	30
	ري الغابات		44	ممكن	30	يوصى به	29	يوصى به	29	ممكن	30	ممكن	30

الترشيح و الترسيب/التخثير و تكنولوجيا الأغشية

الجانب			رقم المسطر	ترشيح						الترسيب/التخثير		تكنولوجيا الأغشية			
				ترشيح سريع (خشن)		مرشح رمل بطيء		ترشيح ثنائي الطبقة				UF/MF		NF/RO	
المخاطر الصحية		عمال تشغيل مرافق محطة المعالجة	1	ترشيح	28	منخفض	28	منخفض	28	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28
		مستخدمي المياه المعالجة	2	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	28	منخفض	28	منخفض	28
الجدوى الاقتصادية	تكاليف الاستثمار	متطلبات المكان	3	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30
		الأعمال الإنشائية	4	منخفض (25-60 €/النسمة)	11	منخفض (25-60 €/النسمة)	11	منخفض	32	منخفض	32	عالي (4000-8000 €/(م3/الساعة))	12 13 14 15	عالي	34
		الأعمال الميكانيكية	5					منخفض	34	منخفض	32			عالي	34
		الأعمال الكهربائية	6					منخفض	34	منخفض	32			عالي	34
	تكاليف التشغيل	تكلفة متطلبات العمالة	7	منخفض	11	منخفض	11	منخفض	34	منخفض	32	متوسط (0.26-0.4 €/م3)	12 13 14 15	عالي	34
		تكلفة متطلبات الطاقة	8	منخفض	33	منخفض	33	منخفض	33	منخفض (~0001 كيلووات ساعة/م3)	5			عالي (0.45-0.70 €/م3 تحلية)	10
		التخلص من البقايا	9	منخفض	11	منخفض	11	منخفض	34	متوسط	32			عالي	34
		مصادر التشغيل	10	منخفض	11	منخفض	11	منخفض	34	متوسط	32			عالي	34
		تكاليف الصيانة الوقائية	11	متوسط	11	متوسط	11	متوسط	34	متوسط	32			عالي	32
التأثيرات على البيئة عند تشغيل وحدات محطة المعالجة	انبعاث غاز الميثان		12	لايوجد	30	لايوجد	30	لايوجد	30	لايوجد	30	لا يوجد	30	لا يوجد	30
	إزعاج من الرائحة		13	منخفض	27	منخفض	27	منخفض	27	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30
	الصوت / الضوضاء		14	منخفض	27	منخفض	27	منخفض	27	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30
	الرذاذ		15	منخفض	27	منخفض	27	منخفض	27	منخفض	30	لا يوجد	30	لا يوجد	30
	الحشرات (الديدان ، والذبلب ، الخ)		16	متوسط	27	متوسط	27	متوسط	27	منخفض	30	لا يوجد	30	لا يوجد	30
متطلبات على عمل التشغيل	التشغيل / النفقات التشغيلية		17	متوسط	31	متوسط	31	متوسط	31	متوسط	30	عالي	30	عالي	30
	نفقات الصيانة الوقائية		18	عالي	31	عالي	31	عالي	31	متوسط	30	عالي	30	عالي	30
	التدريب المطلوب لعمل التشغيل		19	عالي (وجود عمال مدربين أمر ضروري)	27	عالي (وجود عمل مدربين أمر ضروري)	27	عالي (وجود عمل مدربين أمر ضروري)	27	عالي (وجود عمل مدربين أمر ضروري)	30	عالي (وجود عمال مدربين أمر ضروري)	30	عالي (وجود عمال مدربين أمر ضروري)	30
تكنولوجيا المحطات	درجة المكننة		20	منخفض	27	متوسط	27	متوسط	27	منخفض	27	عالي	27	عالي	27
	القوة		21	متوسط	27	متوسط	27	عالي	27	عالي	27	متوسط	26	متوسط	27
	استقرار العملية		22	عالي	27	عالي	27	عالي	27	عالي	27	عالي	27	عالي	27
	القدرة على التأثير على نوعية المياه المتصرفة		23	عالي	30	عالي	30	عالي	30	عالي	30	عالي	30	عالي	30
	نوعية المياه المتصرفة (أداء المعالجة)	إزالة COD/BOD	24	منخفض (<20 % أو < 40 مليجرام/اللتر)	11	منخفض (<20 % أو < 40 ملجرام/اللتر)	11	منخفض (<20 % أو < 40 ملجرام/اللتر)	11	منخفض	30	عالي (89-96% مع وجود تهوية أو COD < 30 ملجرام/اللتر، BOD < 5 ملجرام/اللتر	12 13 14 15	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30
		تخفيض المواد العالقة	25	متوسط / عالي (<50 % أو < 5 ملجرام/اللتر)	11	متوسط / عالي (<50 % أو < 5 ملجرام/اللتر)	11		11	عالي	30	عالي (تقريباً 100%)	12 13 14 15	عالي	26

الجانب			رقم السطر	ترشيح						ترسيب/التخثير		تكنولوجيا الأغشية			
				ترشيح سريع (خشن)		مرشح رمل بطيء		ترشيح ثنائي الطبقة				UF/MF		NF/RO	
	إزالة المغذيات	الامونيا	26	متوسط (<5 ملیجرام/اللتر)	11	متوسط (<5 ملیجرام/اللتر)	11	متوسط (<5 ملیجرام/اللتر)	11	منخفض (10%)	3	عالي (90% مع وجود تهوية أو 0.1-2 ملیجرام/اللتر)	12 13 14 15	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30
		النترات	27	عالي (<10٪ ملیجرام/اللتر)	11	عالي (<10٪ ملیجرام/اللتر)	11	عالي (<10٪ ملیجرام/اللتر)	11	لا تأثير (0٪)	3	متوسط/عالي (4.5 ملیجرام/اللتر)	12 13 14 15	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30
		الفوسفور	28	متوسط / منخفض (30% بدون تخثير) عالي (70% أو <0.3 ملیجرام/اللتر مع تخثير)	11	متوسط / منخفض (30% بدون تخثير) عالي (70% أو <0.3 ملیجرام/اللتر مع تخثير)	11	متوسط / منخفض (30% بدون تخثير) عالي (70% أو <0.3 ملیجرام/اللتر مع تخثير)	11	عالي	3	عالي (ترسيب يصل إلى 90% أو 0.5-0.7 ملیجرام/اللتر)	12 13 14 15	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30
	تخفيض الكائنات الممرضة	الفيروسات	29	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	عالي (2.5->6 لوغرثم)	1	عالي (2.5->6 لوغرثم)	1
		البكتيريا	30	متوسط (0-3 لوغرثم)	1	متوسط (0-3 لوغرثم)	1	متوسط (0-3 لوغرثم)	1	منخفض (0-1 لوغرثم)	1	عالي (3.5->6 لوغرثم)	1	عالي (3.5->6 لوغرثم)	1
		البرزويات	31	متوسط (0-3 لوغرثم)	1	متوسط (0-3 لوغرثم)	1	متوسط (0-3 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	عالي (>6 لوغرثم)	1	عالي (>6 لوغرثم)	1
		الديدان	32	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	منخفض (2 لوغرثم)	1	عالي (>3 لوغرثم)	1	عالي (>3 لوغرثم)	1
	اللون / الرائحة		33	لا تأثير	30	لا تأثير	30	لا تأثير	30	لا تأثير	30	لا تأثير	30	لا تأثير	30
	العكارة المتبقية		34	منخفض	11	منخفض	11	منخفض	11	منخفض	3	منخفض	34	منخفض	30
	زيادة الملوحة نتيجة المعالجة		35	لا تأثير	30	لا تأثير	30	لا تأثير	30	متوسط (زيادة الملوحة نتيجة ترسيب المواد الكيميائية)	30	متوسط (زيادة الملوحة نتيجة ترسيب المواد الكيميائية)	34	لا تأثير (يتولد محلول عالي الملوحة وبحاجة الى التخلص منه)	30
	تراكم المواد المتبقية		36	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض (550-1100 لتر/النسمة في السنة وسائل مستقر أو 17-34 لتر/النسمة في السنة من الحماة المجففة)	3	متوسط (يتولد محلول عالي الملوحة وبحاجة الى التخلص منه)	30
تكنولوجيا الري	ري الجذور		37	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10
	الري بالتنقيط		38	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10
	الري بالرش		39	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10
	الري بالغمر		40	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10	مناسب	10
أنواع الاستخدام	ري المزروعات		41	يوصى به	27	يوصى به	27	يوصى به	27	يوصى به	30	يوصى به	30	يوصى به	30
	ليست صالحة للشرب (الرحض المراحيض)		42	ممكن	27	ممكن	27	ممكن	27	ممكن	30	يوصى به	30	يوصى به	30
	الاستخدامات الحضرية (مثل الزراعة وإطفاء الحريق)		43	ممكن	27	ممكن	27	ممكن	27	ممكن	30	يوصى به	30	يوصى به	30
	ري الغابات		44	يوصى به	27	يوصى به	27	يوصى به	27	يوصى به	30	يوصى به	30	يوصى به	30

التعقيم

الجانب			رقم السطر	التعقيم											
				غشاء (UF)		أشعة فوق بنفسجية UV		الأوزون		مرشح رملي		برك الصقل		الكلور	
المخاطر الصحية	عمل تشغيل مرافق محطة المعالجة		1	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28	متوسط	26	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28	منخفض	28	منخفض	28	عالي (التعامل مع المواد الكيميائية)	28
	مستخدمي المياه المعالجة		2	منخفض	28	منخفض	28	منخفض	28	منخفض	28	متوسط (في حاجة إلى تعقيم)	26	منخفض (فقط عند الكلورة الزائدة)	26
الجدوى الاقتصادية	تكاليف الاستثمار	متطلبات المكان	3	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	عالي	30	عالي	30	منخفض	30
		الأعمال الإنشائية	4	عالي	34	منخفض (7-41 €/النسمة)	16	عالي (0.52 €/م3)	17	عالي	18، 19، 20، 21	منخفض	22، 23	منخفض	34
		الأعمال الميكانيكية	5	عالي	34	متوسط	26	عالي	32	منخفض	18، 19، 20، 21	منخفض	22، 23	متوسط (تكنولوجيا آمنة)	26
		الأعمال الكهربائية	6	عالي	34	متوسط	26	عالي	17	منخفض	18، 19، 20، 21	منخفض	22، 23	منخفض	34
	تكاليف التشغيل	تكلفة متطلبات العمالة	7	عالي (0.2-0.8 €/م3)	7	منخفض (0.03-0.05 €/م3)	7	متوسط (0.05-0.2 €/م3)	7	منخفض	18، 19، 20، 21	منخفض	22، 23	منخفض (0.04- 0.06 €/م3)	7
		تكلفة متطلبات الطاقة	8							منخفض	18، 19، 20، 21	منخفض			
		التخلص من البقايا	9							منخفض	18، 19، 20، 21	منخفض			
		مصادر التشغيل	10							منخفض	18، 19، 20، 21	منخفض			
		تكاليف الصيانة الوقائية	11							منخفض	18، 19، 20، 21	منخفض			
التأثيرات على البيئة عند تشغيل وحدات محطة المعالجة	انبعاث غاز الميثان		12	لا يوجد	25	لا يوجد	26	لا يوجد	26	لا يوجد	26	قليل (إمكانية تكون غاز الميثان عند التحلل اللاهوائي للمواد المتبقية والحمأة)	30	لا يوجد	26
	إزعاج من الرائحة		13	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30	منخفض	30
	الصوت / الضوضاء		14	منخفض	30	لا يوجد	26	منخفض	30	لا يوجد	26	لا يوجد	26	لا يوجد	26
	الرذاذ		15	لا يوجد	30	لا يوجد	30	لا يوجد	30	منخفض	30	منخفض	30	لا يوجد	30
	الحشرات (الديدان ، والذباب ، الخ)		16	لا يوجد	30	لا يوجد	30	لا يوجد	30	متوسط	30	عالي (بعوض)	30	لا يوجد	30
متطلبات على عمال التشغيل	التشغيل / النفقات التشغيلية		17	عالي	30	منخفض	30	عالي	31	منخفض	30	منخفض	30	عالي	30
	نفقات الصيانة الوقائية		18	عالي	30	متوسط	26	عالي	31	منخفض	30	منخفض	30	عالي	30
	التدريب المطلوب لعمل التشغيل		19	عالي (وجود عمل مدربين أمر ضروري)	30	متوسط	26	عالي (وجود عمل مدربين أمر ضروري)	30	منخفض	30	منخفض	30	عالي (عمالة مدربة مطلوبة)	30
تكنولوجيا المحطات	درجة المكنكة		20	عالي	27	متوسط	27	متوسط	27	منخفض	27	منخفض	27	منخفض	27
	القوة		21	متوسط	27	عالي	27	متوسط	27	متوسط	26	منخفض / متوسط	27	متوسط	26
	استقرار العملية		22	عالي	27	عالي	27	عالي	27	عالي	27	متوسط / عالي	26	عالي	27
	القدرة على التأثير على نوعية المياه المتصرفة		23	عالي	30	عالي	30	عالي	30	منخفض	30	منخفض	30	عالي	30
	نوعية المياه المتصرفة (أداء المعالجة)	إزالة COD/BOD	24	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30	لا تأثير	34	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30	عالي (85%)	18، 19، 20، 21	منخفض (تقل الأحمال المتبقية / اتزان الحد الأقصى للتصرف الخارج)	26	لا تأثير	34
		تخفيض المواد العالقة	25	عالي	26	لا تأثير	34	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30	عالي (90%)	18، 19، 20، 21	منخفض (كما ورد أعلاه)	26	لا تأثير	34
		إزالة الامونيا المغذيا	26	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	26	لا تأثير	34	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30	عالي (80%)	18، 19، 20، 21	منخفض (كما ورد أعلاه)	26	لا تأثير	34

الجانب			رقم السطر	التعقيم									
				غشاء (UF)		أشعة فوق بنفسجية UV		الأوزون		مرشح رملي		برك االصقل	الكلور
		ت	27	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	26	لا تأثير	34	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30	منخفض (10% غير مزروع) / عالي (70% غير مزروع)	18، 19، 20، 21	منخفض (كما ورد أعلاه)	26	لا تأثير	34
		الفوسفور	28	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	26	لا تأثير	34	ليس ذو علاقة (يستخدم كمعالجة متقدمة فقط)	30	متوسط (30% غير مزروع) / عالي (80% غير مزروع) ينخفض الأداء مع مرور الوقت	18، 19، 20، 21	منخفض (تقل الأحمال المتبقية / اتزان الحد الأقصى للتصرف الخارج)	26	لا تأثير	34
	تخفيض الكائنات الممرضة	الفيروسات	29	عالي (2.5-<6 لوغرثم)	1	متوسط (1-<3 لوغرثم)	1	عالي (3-6 لوغرثم)	1	متوسط/منخفض (1.5-2.5 لوغرثم)	18، 19، 20، 21	عالي (1-4 لوغرثم)	1	متوسط (1-3 لوغرثم)	1
		البكتيريا	30	عالي (3.5-<6 لوغرثم)	1	عالي (2-<4 لوغرثم)	1	عالي (2-6 لوغرثم)	1	متوسط/منخفض (1.5-2.5 لوغرثم)	18، 19، 20، 21	عالي (1-6 لوغرثم)	1	عالي (2-6 لوغرثم)	1
		البرزويات	31	عالي (>6 لوغرثم)	1	عالي (>3 لوغرثم)	1	منخفض (1-2 لوغرثم)	1	متوسط/منخفض (1.5-2.5 لوغرثم)	18، 19، 20، 21	عالي (1-4 لوغرثم)	1	منخفض (0-1.5 لوغرثم)	1
		الديدان	32	عالي (>3 لوغرثم)	1	لا تأثير	1	منخفض (0-2 لوغرثم)	1	متوسط	26	متوسط (1-3 لوغرثم)	1	منخفض (0-<1 لوغرثم)	1
	اللون / الرائحة		33	لا تأثير	30	منخفض (إزالة الكلور ممكنة)	30	منخفض (إزالة المواد المسببة للون والرائحة)	30	متوسط (إمكانية تكون لون نتيجة تكون الطحالب ; تكون الرائحة عند الظروف اللاهوائية)	30	متوسط (إمكانية تكون لون نتيجة تكون المواد المسببة للرائحة عند الظروف اللاهوائية)	30	متوسط (زيادة اللون والرائحة بزيادة محتوى الكلور المتبقي)	30
	العكارة المتبقية		34	منخفض	34	لا تأثير	34	لا تأثير	11	منخفض	18، 19، 20، 21	متوسط	30	لا تأثير	34
	زيادة الملوحة نتيجة المعالجة		35	لا تأثير	30	لا تأثير	30	لا تأثير	30	لا تأثير	30	منخفض (خطر زيادة الملوحة نتيجة تبخر الماء عند زيادة زمن المكوث وشدة أشعة الشمس وكبر المساحة السطحية)	30	منخفض	26
	تراكم المواد المتبقية		36	منخفض (يتولد محلول عالي الملوحة وبحاجة الى التخلص منه)	30	لا يوجد	30	لا يوجد	30	منخفض	26	منخفض (يعتمد على زمن إزالة الحمأة)	30	لا يوجد	30
تكنولوجيا الري	ري الجذور		37	مناسب											10
	الري بالتنقيط		38	مناسب											10
	الري بالرش		39	مناسب											10
	الري بالغمر		40	مناسب											10
أنواع الاستخدام	ري المزروعات		41	يوصى به											10
	ليست صالحة للشرب (لرحض المراحيض)		42	يوصى به											10
	الاستخدامات الحضرية (مثل الزراعة وإطفاء الحريق)		43	يوصى به											10
	ري الغابات		44	يوصى به											10

المفتاح

الرقم	المصدر
1	WHO, 2006a
2	Günthert und Reicherter, 2001
3	ATV-DVWK, 2000
4	Bayern, 2005 الرابطة الاتحادية للدولة DWA
5	MURL, 1999
6	Von Sperling und Chernicharo, 2006
7	ATV, 1998
8	Grünebaum und Weyand, 1995
9	Lenz, 2004
10	Alcalde et al., 2004
11	Strohmeier, 1998
12	Wedi, 2005
13	Engelhardt, 2006
14	Günder, 2001
15	Frechen, 2006
16	Schleypen, 2005
17	Cornel, 2006
18	Laber, 2001
19	Novak, 2005
20	DWA, 2006
21	Lützner, 2002
22	IRC, 2004
23	Ruhrverband, 1992
24	Barjenbruch und Al Jiroudi, 2005
25	فرقة العمل (تقييم مشترك)
26	Tim Fuhrmann (تقييم شخصي)
27	Hans Huber
28	Volker Karl (تقييم شخصي)
29	Roland Knitschky (تقييم شخصي)
30	Alessandro Meda und Peter Cornel (تقييم شخصي)
31	Hermann Orth (تقييم شخصي)
32	Holger Scheer (تقييم شخصي)
33	Florian Schmidtlein (تقييم شخصي)
34	Christina Schwarz (تقييم شخصي)

ملحق (أ) المختصرات (ليست جزء من النسخة الانجليزية)

ملاحظة المترجم:

لقد تم استخدام الرمز الأصلي باللغة الانجليزية للمصطلحات الرئيسية كما هو متعارف عليها عالمياً بدون تغيير. ولا يقصد بهذا الإجراء خلق رموز جديدة للمجتمعات الناطقة باللغة العربية ولكن فقط لجعل الرموز الانجليزية مفهومة إلى غير الناطقين باللغة العربية.

المختصرات الانجليزية	التعريف
BOD	الأكسجين الحيوي الممتص
COD	الأكسجين الكيميائي الممتص
DS	المواد الجافة
E+MCR	تكنولوجيا القياس والتحكم و التنظيم الكهربائي
N_{tot}	النيتروجين الكلي
SS	المواد المعلقة
PT	عدد السكان الكلي و المكافئ السكاني

DWA-

Topics

以水的再利用为目标的污水处理工艺评估

May 2008

German Association for Water, Wastewater and Waste

德国水、污水和废弃物处理协会（DWA）

本期 DWA 论文集有德语、英语和中文版本可供获取

德国水、污水和废弃物处理协会（DWA）是德国水资源相关行业的代表机构，该机构致力于建立和完善一个安全、可持续发展的水行业。作为在政治和经济上独立运作的组织其所涉及的专业领域涵盖水工业、废水、废弃物和土地保护。

在欧洲范围内 DWA 也是该领域内成员最多的技术协会，通过其在标准制订、职业培训和公共信息方面的专业能力而在业界保持着特殊的地位。该机构近 14000 名成员中有领域内的专家、地方行政机构负责人、高等院校、设计师事务所、政府机关以及企业代表。

该机构的业务重点在于建立和更新完善统一的技术导则以及参与国际、国家层面技术标准的制订。机构的工作不仅包括科学和技术方面的课题、也包括与环境及水资源保护相关的经济和法律方面的课题。

出版商

出版发行及营销机构：
德国水、污水和废弃物处理协会（DWA）
地址：Theodor-Heuss-Allee 17
D-53773 Hennef, Germany （德国）
电话.: +49 2242 872-333
传真: +49 2242 872-100
电邮: kundenzentrum@dwa.de
网址: www.dwa.de

译者:
Wanli Zhao – Peking, China
印刷：
Druckhaus Köthen
ISBN:
978-3-941089-83-9

本书100%由环保纸张印刷

© DWA 德国水、污水和废弃物处理协会, Hennef 2009

本书所有版权、特别是翻译成其他语言的权利归所有者所有，未得到出版者的书面许可则不允许将本出版物的任何内容以复印、缩影或其他任何形式复制，或者通过设备、特别是文字处理设备将其转换成可以使用的语言形式。

前 言

多年以来，有越来越强的迹象表明，水资源在全球范围内将面临比石油和天然气资源更加严重的资源枯竭问题。许多关于这方面的信息例如联合国环境规划署最近发布的环境报告“GEO-4” (UNEP,2007) 阐明了问题的根源：世界人口增长超过 60 亿，其中很大一部分人群的水资源消耗水平超出了自然界的供给能力。解决方案在于：减少资源消耗，具体到水资源就是指对污水进行再利用和小型循环使用。

在德国，由于淡水资源仍较为丰富、因而该项课题到目前为止一直被摆在了次要位置上。着眼于国际市场以及德国水行业针对水的重复利用课题不断增长的信息需求，德国水、污水和废弃物处理协会在其架构下的 KA-1 “新型卫生洁具体系”专业委员会之外，创立了归属于 BIZ-11“国际合作”专业委员会的 BIZ-11.4 DWA “水的再利用”工作组。

该工作组的任务之一是识别和描述污水再利用所采用的处理工艺，特别是那些由于在德国较少被应用、经验相对缺乏的工艺。工作组建立了一个评估矩阵，以便对那些以污水再利用为目标的水处理技术进行描述和评估。

需要指出，本论文集通过 DWA BIZ-11.4 “水的再利用” 工作组精彩和努力工作所得出的研究结论尚不是 DWA 导则的正式组成部分。现有的评估矩阵是按照当前的思路生成的，不能认为课题任务已经结束，而是应当继续发展完善，工作组因此欢迎大家的参与和提供信息。

本文附件“以水再利用为目标的污水处理工艺评估矩阵”有已经完成的 Excel 电子表格文件格式，用户可以通过访问 DWA 的网页 <http://www.dwa.de/master/wastewater-reuse> 进行下载。必要时用户可以获取这些表格并使其能为自己的应用服务。

作 者

本刊德国水、污水和废弃物处理协会论文集由 DWA BIZ-11.4 “水的再利用” 工作组负责编辑，下述人员参与了编撰工作：

(姓，名)	(头衔，城市)
CORNEL, Peter	教授、工程学博士, Darmstadt
FIRMENICH, Edgar	工程学硕士, Mannheim
FUHRMANN, Tim	工程学硕士, Witten
HUBER, Hans	工程学博士 E.h. 工程学硕士, Berching (发言人)
KAMPE, Peter	工程学硕士, Maintal
KARL, Volker	工程学硕士, Frankfurt
MEDA, Alessandro	Dott. Ing., Darmstadt
ORON, Gideon	教授, Kiryat Sde-Boker, Israel (客座)
ORTH, Hermann	教授、工程学博士, Bochum
SCHEER, Holger	工程学博士, habil., Essen
SCHMIDTLEIN, Florian	工程学硕士, Bochum
SCHNEIDER, Thomas†	工程学硕士, Bochum (已故)
SCHWARZ, Christina	工程学硕士, Neubiberg
WEISTROFFER, Klaus	工程学硕士, Eschborn

DWA 总部项目负责人：

HEIDEBRECHT, Rüdiger	工程学硕士, Hennef 培训和国际合作部

目　录

前言 …… **71**
作者 …… **71**
1 课题的目标 …… **73**
2 水再利用的意义 …… **74**
3 水再利用的分项归类 …… **75**
3.1 社会文化因素与社会认同 …… 75
3.2 对技术的要求 …… 76
3.3 对操作管理和操作能力的要求 ……
3.4 卫生健康因素 …… 77
3.5 法律法规和国家的调控 …… 78
3.6 水再利用项目的市场潜力 …… 78
3.7 价格和投资 …… 79
4 应用案例 …… **80**
4.1 德国的应用案例 …… 80
4.2 世界其他地区的案例 …… 81
5 以水再利用为目标的污水处理工艺评估矩阵 …… **82**
5.1 评估矩阵的目标 …… 82
5.2 限制因素 …… 83
5.3 矩阵的结构和概念释义 …… 84
5.3.1 行 1-2“健康风险” …… 86
5.3.2 行 3 - 6“经济效率-投资成本” …… 86
5.3.3 行 7-11“经济效率-运营成本” …… 87
5.3.4 行 12-16“设施运行对环境的影响” …… 87
5.3.5 行 17-19“对操作人员的要求” …… …… 87
5.3.6 行 20-36“设备技术” …… 88
5.3.7 行 37-40“灌溉技术” …… 89
5.3.8 行 41-44“应用的选项” …… 89
参考文献 …… **90**
附件 以水再利用为目标的污水处理工艺评估矩阵 …… **92**

表格索引

表 1 表格行头及评估因子 …… 85

1 课题的目标

对废水进行处理和再利用的必要性首先体现在国际层面上，除了欧洲以外的少雨地区，该课题未来也将在欧洲引起越来越多的关注，且不仅局限于南欧地区，如今那里将处理水回用于农业已成为一项成熟和普遍的应用。除农业外，对城镇用水进行多重利用的意义也在明显增加，特别是在那些快速扩张的超级大都市。这些地方不论地处何种气候区域，其对水资源的需求已经超出了当地淡水自然资源的供给能力。

对废水进行处理和再利用是一项涵盖内容广泛的综合性课题：除了国家和国际层面上关于水质、水处理工艺的相关规定、标准外，也需要考虑各国之间在诸如重复利用类型、资金来源、当地操作人员的技术水平等约束条件方面存在的差异。当前对本课题所面临不同挑战的公开研究论著已有很多，例如：AQUAREC (2006), ANGELAKIS et al. (2001), WHO (2006), ASANO (2007), JIMENEZ 和 ASANO (2008)。

为了提供与再利用相关的水处理工艺概览、并能够为选择合适的工艺提供帮助。德国水、污水和废弃物处理协会BIZ-11.4 “水的再利用”工作组创建了一个缜密的、针对不同水处理工艺的评估矩阵。评估矩阵从出水水质、成本、物料和能量消耗、维护费用等不同角度对各单项工艺进行评估，并将在评估基础上对各处理工艺进行特征化处理、分析他们之间的相互关系以及各处理工艺与水重复利用相关的风险信息。本文中的评估矩阵适用于农业和城市回用水（灌溉、消防用水以及作为非饮用水的应用）。而不包括工业用水（循环水）、非直接、非有意识地再利用以及所谓的革新概念，即废水的分类收集，这些也不在本文内论述。

本课题以及评估矩阵的目标在于提供各处理工艺的可行性、应用准则、前提条件等基础信息。评估矩阵应该提供简单、快速的决策帮助，而不是为制订详细、具体的决策服务。这些缜密具体的决策应交由专业人士去制订。显然评估矩阵在特定情况下不能替代工程学方法，而仅仅是为理性、稳重的决策提供帮助。在无法获取专业技术支持时也可以使用之。 相对于知识丰富的专家，评估矩阵的目标使用人群更多的是公众事务团体、决策者、政治家（为了提升意识）、行业咨询业者、城乡及农业水处理设施建造运营商等，这既适用于德国，也适用于其他国家。

2 水再利用的意义

世界上有限的水资源以及人类活动的影响使水成为一个全球性的问题，特别是对于生活在干旱、半干旱地区的新兴国家和发展中国家的民众而言。除了自身气候框架条件以及水资源分布不均等因素外，这些国家水资源匮乏的主要原因还在于人口急速增长和人均耗水量增加等人为因素。对现有水资源采取非可持续发展利用的方式以及地表水和地下水资源不断受到污染使得问题更加严重化。此外预测全球气候变化还会进一步加剧世界性的水资源匮乏态势。根据世界水资源报告（UNESCO,2006）的预测，以现有的消耗方式推算，在最不利情况下至本世纪中叶将有60个国家的70亿人口面临水资源短缺的问题；按最保守情况推算，也将有48个国家的20亿人口面临水资源短缺。泛政府组织国际气候变化框架公约（IPCC,2007）的专家预计全球气候变化还会额外加剧全球性的水资源匮乏问题。

水的再利用技术目前在许多国家已经成为必不可少的实用技术，并在水行业中得到实践推广，未来其将成为水资源可持续化管理的重要组成部分 —— 也是减轻气候变化影响的有效手段—— 这将是我们在21世纪面临的巨大挑战之一。经过处理、满足不同水质需求的处理回用水应被作为富有价值、可使用、可本地化控制的水资源来看待。其贡献在于消弭不断增长的用水消耗与有限的水资源之间的矛盾。

在此应特别提到世界上最大的用水行业-农业。对废水进行适当的净化处理并作为灌溉用水回用于农业在协助保养淡水资源方面有巨大的发展潜力。通过对水的储存可以为应对季节性的影响提供机会（当然，这对处理后的水质也有特殊要求）。

在许多发展中国家和新兴国家，直接使用没有经过处理的废水或低净化程度废水的做法仍比较常见，特别是在城市或城乡结合区原质污水被当地居民作为灌溉用水，因为它是免费的、不受旱雨季变化的影响并且肥份较高。废水（经常是未经处理的废水）被用于确保和增加食品生产。 尽管在这些发展中国家和新兴国家也有关于水重复利用的法律框架和水质标准（多是基于世卫组织WHO和联邦环保署EPA的推荐导则），但实际情况是大多数此类国家没有监控以及没有考虑重要卫生指标的最低要求（鲁尔-波鸿大学 2005）。

在水资源的可持续化管理中应当意识到废水是一种资源，对废水进行适当的处理是必不可少的，其目的是使发生卫生危害的风险最小化，而卫生危害是与未加控制的水再利用方式联系在一起的。

3 水再利用的分项归类

3.1 社会文化因素与社会认同

水的再利用课题涵盖一系列根基不同的观察问题的视角，他们必须在相互作用中协同发挥效力，以实现可持续化地降低资源消耗。处理回用水对人群健康和日常生活会产生影响，与之相关的技术必须既易于操作又易于理解掌握。除技术、组织和制度层面的问题外、下面即将论及的社会文化因素具有特别的意义。

很显然用户的认同与接受程度是对污水再利用而言最重要的关键因素。在世界许多地区这种认同度至少已部分地通过经济强制手段进行“激励”：传统水资源储量在减少、深井汲水所需的能耗成本和维护费用在不断攀升、这仅是众多因素中的几项。但是，大规模地推广使用处理回用水却经常性的遭到抱怨甚至公开的抵触，其中 的部分原因不难理解，这与技术本身、操作和维护以及水质等因素 (例如臭味和颜色) 有关。例如尽管许多常用的灌溉系统原则上可以使用处理回用水，但在日常运行实践中却不能做到完全尽如人意。

尽管在世界许多地方对雨水和轻度污染废水的利用已成为长期以来的传统，将人畜的排泄物作为农肥进行利用的方式也早已得到推广，但在一些水资源短缺地区使用处理回用水的潜在用户却在减少。与水再利用的类型相关，人们或多或少地对使用处理回用水有反感情绪，因为担心不能与水中可能含有的致病病原体保持足够的距离。还有某些地区将对待和使用处理回用水列入了宗教条例或与之类似的规定范畴加以限制。（但是对水的再利用也会受到宗教因素的激励，参见下文实例介绍）。在这种情况下需要经历漫长不平的道路去改变人们现有的生活习性和态度、提升人们使用处理回用水的意识。严谨的安全保障系统在这里扮演着重要的角色，运行合适的系统必须有这样一个安全体系相伴随。这个系统保障各种水重复利用类型应满足的最低标准。使用者必须相信这些标准，否则就无法建立起信赖和接受处理回用水的理念。

相反，有时候尽管以法律规章形式表现出来的制度化的认同方式具有很强的约束性，使用者和最终用户例如小农户、农产品消费者却由于面临水源短缺的问题，对废水再利用的认同度更为注重实际和态度积极。这也意味着，在这种情形下行政审核多是被绕开或忽视，特别是当缺乏有效的执行和控制机制时。

很明显，对于所有应用案例中可以使最终用户与处理回用水发生联系的直接再利用形式，亦即通过农产品、家用品甚至是处理后的可饮用水等形式，必须对社会文化因素的制约予以相当程度的考量。为确保应用的顺利实施，公开探讨所有相关问题、使相关方及早参与前期规划和决策过程是绝对必要的。对此，至少下列因素需要予以考虑，他们的权重依据使用类别而各异。

- 水经济框架约束条件（水的需求与供给关系）；
- 卫生和健康保障；
- 处理回用水生产和应用方面的技术要求；
- 运行的要求和能力（其中有操作人员的数量和资质，操作安全性、应急手段），也与处理工艺的复杂性有关；
- 考虑到投资成本（资本支出 CAPEX）和运营成本（运营支出 OPEX）下的财务技术和经济可行性；
- 环境保护和可持续发展因素；
- 规章管理因素

案例：宗教对水再利用理念的认同

在中东和北非的伊斯兰国家，水的再利用在20世纪初就开始发挥出重要角色。例如在埃及，大约从1900年起废水就被用来对开罗附近4500公顷的土地进行农业灌溉。随着人口的增长（现今人口7200万，预计2017年达到8300万）以及储量有限的水资源 （现今水资源匮乏量约200亿m^3/年，2017年预计达到400亿m^3/年），水的再利用在其整个国家范围呈明显增长的态势也就不足为奇。在伊朗和其他伊斯兰国家水的再利用也很普遍，并被认为是应对水资源不足的重要手段。

该地区的高级伊斯兰宗教代表也支持该项政策，例如沙特阿拉伯伊斯兰教事务部副部长 H. E. Ahmed Al-Sabban 在阿布哈比举办的一次水再利用会议上解释说，伊斯兰教对保护和合理使用水资源持支持态度，在水资源短缺和人群耗水量增加的情况下，对水进行再利用，包括对处理后的污水进行回用与宗教原则并不矛盾，“只要它是干净的、无色无味的水”。

(AL-SABBAN, 2005)

3.2 对技术的要求

为了保障水的再利用的安全性，例如在农业领域，制定了有关水质及处理过程的特殊要求，这需要通过合适的技术加以保证。这些要求涉及多方面的因素，例如杀菌消毒保护人群健康，消弭富营养化元素以保护地表和地下水体，以及为保护灌溉设施降低固体悬浮物的浓度。

有时要面对的一个额外问题是，原质污水的产出是连续的，但对处理水的再利用是非连续的，这种情况下需要对多余部分的水进行存蓄。可以通过地面蓄水池，也可以是特定的地下蓄水形式实现。另一方面，水的存蓄方式也对水质提出了相应要求（例如，去除病原体和富营养化元素）。

在第五章论及的评估矩阵将针对不同污水处理技术的应用可能性及所其对应的不同要求提供帮助说明。

3.3 对操作管理和操作能力的要求

如果不能按照规定正确地操作，那么再好的技术也不能发挥作用。与所选处理过程工艺的复杂性相关，水再利用系统的运行需要有一定的操作管理能力。进一步说，出于安全技术方面的要求（卫生和健康保护），操作人员应得到相当高的激励，并（能够）负责任地开展行动。这意味需要有合格的、经过专业培训和继续教育的技术人员。对于海外项目应注意选择合适的操作人员，这些人员如有需要能够通过培训达到所需要的资质水平。建议在运行初期的几年进行不间断的后续培训和考核。

尤其是欧洲以外的国家，这些要求常与污水设施运行的现实情况相反，其部分特征如下：

- 运行费用明显缺乏；
- 操作人员素质达不到要求；
- 继续培训的机会有限；
- 员工的工资待遇需要进一步改善；

- 员工的形象意识需要提升（从“污水厂员工”到”资源管理者”）
- 严格的等级式和集中式管理架构，现场决策的灵活性有限；
- 缺乏足够的硬件资源，特别是仪器设备、备品备件、工具、能源和化学用品。

这些情况表明在提高员工积极性、严格照章运行、遵守安全标准等方面仍面临着诸多挑战。

使操作能够照章运行的实施预案以及建立和维持员工的能力素质是规划水再利用项目时需要考虑的重要支出因素。

案例：增强阿尔及利亚员工的操作能力

预防性的维护如不能充分有效地进行，常常会大幅缩短污水处理设施的效率和使用寿命。因而过去新建成的设施部分由于运行能力的不足在运行短短数年后即面临停运。

阿尔及利亚国家污水设施运行机构（ONA）和德国伙伴合作引入了一个模块化的污水设施操作人员培训项目，一个面向阿尔及利亚所有地区的人员培训中心在Boumerdes污水处理厂建立，未来的操作员在那里得到培训。培训内容包括生产安全，维护、测量和控制、故障处理、修理、报告体系、仓储等。阿尔及利亚多处污水处理设施在短期内即通过培训取得了明显的成果，必要的知识被传输给员工，使他们理解对操作的精通和仔细同获得设备和辅助物资一样重要，只专注于污水处理工程的投资将会招致高昂的后期费用和不合要求的运行。

(德国技术合作公司GTZ, Emscher, 2006)

3.4 健康因素

污水再利用设施的规划和运行必须确保不会对操作人员、处理回用水的用户以及人群健康与安全构成危害。

生活废污水即使在经过常规处理以后仍含有很多对健康有害的成份，除了难以降解的化学残留物质之外，这些成份主要是可使人体致病的微生物，例如细菌、病毒、寄生生物和虫卵。安全和卫生的污水再利用在流行病学因素的考量下对水质提出了特别的要求。

病原体造成的危害很大程度上与水的再利用类型相关，例如灌溉的类型。本篇中的评估矩阵对不同灌溉类型的适宜性进行了评估。

原则上污水再利用需要引入合适的杀菌消毒过程，使水中的病原体得到去除、消灭或钝化，并达到在各种应用案例中不对健康构成危害和引起用户担忧。为此，应了解国家或地方性条例中的容许限值（如果他们存在）。如有需要，特别是考虑到流行病学的因素，可引入国际上公认的推荐值，例如世界卫生组织指令（WHO,2006）。

采用杀菌程序时，除了要注意因使用化学品而对操作人员和环境造成的危害，有些情况下还要考虑到可能生成的、对人体和环境有毒的副产品。

操作人员以及用户必须知晓水再生和使用过程中的健康和安全因素。从健康的角度出发，为污水再利用设施的安全无害化操作引入事故应对预案、演练以及严格遵守故障状态下应遵循的行为是必备的前提条件。

3.5 法律法规和国家的调控

许多国家都有关于水的再利用的法规和技术导则（在德国也有这方面的规章，例如DIN19650 《关于灌溉用水的卫生要求》），在欧洲以外的国家，特别是已经或即将面临水资源短缺的国家，在考虑水再利用的规则时要确定下述因素。

- 如果能切实遵循和配以适当的监控，这方面的法规通常已经可以保障再利用水的安全使用，以及避免对人体健康和农业用地质量可持续性的危害。
- 各单项法规经常来源于邻国、国际组织或各自的捐助国，因而他们经常不能完全满足本国各自的需要。
- 有些规定的部分参数组内含有相互矛盾的容许排放值，这些值互相抵触或不可能被同时遵守。

除了国家层面的法规，还有一些国际公认的指导方针，例如2006年新发布的世界卫生组织建议书（WHO,2006）。这为发展和制订各单项、国家层面的减少有害水生微生物的规定和标准提供了可被普遍接受的框架。同时也为微生环境安全所必要的监控过程提供建议。基本上对水质的要求与水的利用目的密切相关，例如对于农业用地除了致病病原体外还包括了盐分和营养元素成份。

政府在水行业特别是水的再利用方面的法规，除了要定义技术标准和要求之外，也要涵盖其他更多的因素，例如收费结构与监控，以及相关方的权力与义务（执行机构、建设方、运行方、用户）。确立诸如安全手段、报告、内部自检、外部监控等。此外，如果要求不能被满足则必须确立一个清晰的核准机制。

在必要的技术规划安全性和招标程序透明的背景下，条理清楚的规定是保证可信赖的经济合作的重要的前提之一。

通过总结可得出结论，通常情况下问题不在于缺乏水再利用方面的法律法规和满足水质最低标准的推荐值。 在多数水资源匮乏国家显现的不是水再利用标准的有无或标准质量方面的问题，而是如何执行和通过独立的国家或私立纪律机构进行充分有效监控的问题。补充地说，由于经济资源有限，这些规定经常性地近乎无法实施。

3.6 水再利用项目的市场潜力

欧洲和国际的水业市场由于水资源短缺和污染，也由于不断改变的框架约束条件（通常是朝改善的方向发展）使该行业投资获利的机会增加。处理后的污水成为一种重要的资源，未来十年水的再利用将尤其从中获益。

如果早期的发展战略专注于开发主要的水资源和进行大范围、集中式的分配，当今的概念（例如欧盟水框架指令）面向的不仅是集成式的、同时也能够回收成本的水资源管理模式。此前部分地区免费用水的实践经常导致对有限水资源的浪费和运行费用的亏空。直至今天有些自然水资源较少的地区，处理和

未处理的污水被整年或季节性地排放无法进行再利用，也不能产出养分和其他附加值产品。随着新水源的可获取性不断降低而同时需求在不断增长，在许多地区只使用（消费）一次已变得浪费和物非所值。对此，为了水资源可获取性的相对均匀分布、部分也由于和潜在的再利用地点近邻、以及为了节约新鲜淡水和能耗成本而关闭水和营养元素的循环过程进行再利用正显现成为不断增长的、经济性的解决方案。

尽管如此，循环的实现要求有定制的废水处理技术，例如对于农业，应依据作物生长期考虑水中养分的再利用， 由此产生的面向污水处理技术和方案的市场与城市区间发展下的水行业机遇关系密切，这是因为一方面大部分的污水在这里产出，另一方面，处理回用水具备多项用途，可被直接用于工业和商业领域。

除了干旱、半干旱地区的发展中国家，许多发达国家对水资源也有很大的需求，新鲜淡水购买费用的增加以及环保领域越来越严厉的限制正在推动污水的再利用并提供了很好的市场机遇。对提高能源利用效率、降低成本以及新的处理技术的热切期待额外地加速了该领域内革新脉搏。

集成式水资源管理尤其是水的再利用为咨询型和生产型的企业-同样也因为可预见的气候变化因素-提供了全球范围内增长的市场机遇。本篇为污水处理技术而作的评估矩阵给出了规划设计与准备工程招标方面的的重要信息，以便为终端客户提供高品质的水。

案例：亚洲的水再利用市场

由于亚洲的需求以及经济增长十分快速，其在污水处理和再利用方面的潜力巨大，预计未来几年的年增长率可部分地超过15%。例如印度尼西亚2003年污水处理的市场份额约为9千万美元，年增长率10%。 即使台湾和菲律宾也有很大的市场需求，同样还有泰国和马来西亚。

在中国，政府正通过鼓励和加强水的再利用来应对由于巨大的经济增长而带来的水危机，例如，公共和私立的土地开发机构未来将有义务将水的再利用列入规划。此外为支持政策实施，成立了一个联合会（中国水再利用行业联合会）对适合市场化的技术、设备和产品给予支持。

3.7 价格与投资

通过水法和水价对世界不同水用户的需求实施有效管理需要有国家、区域、本地区范围内长期的价格政策和规章。 这可以有意识地推进水循环以及农村、城镇地区废水分类收集等革新理念和方案。

针对饮用水、工业用水、农灌用水等不同利用类型制订合理的价格有助于更有效地使用水资源。欧洲新水框架法的原则是要求消费者和污染者都应提供财政支持。长期的目标是力求收回全部成本以确保可持续性。能被社会接受以及参考用户支付能力和支付意愿制订出先进的价格体系是政治性的决定。他们需要根据通胀率的变化定期进行调整以保障设施运行和其他客户服务（例如接入率的提升）。

水再利用的长期投资项目-伴随提供经济上的激励-已经引导诸如新加坡、南非、澳大利亚和加利福尼亚的水资源匮乏地区的消费者在中长期内去适应区域内可获取水资源千差万别的水质和不同的价格。

投资者对新的水再利用设施的自有投资、政府补贴和贷款各自处于不同的条件下。创新的方案经常能得到补助。从国际发展银行得到投资承诺的基础是可行性研究报告，该报告对不同的替代方案和技术进行调研，并确定对投资者（较低的投资和运行成本）和用户（合适的价格）而言都合适的低成本方案。

数量众多的水利用计划国际案例指出了这样的路：那就是有业务能力、商业化的机构如何通过给定的框架约束条件、规定、指针——并由此最后通过国家法规实现经济和合理地投资。在由欧盟资助的研究报告AQUAREC (2006) 和EMWIS报告-废水再利用（2007）中可以找到成功的案例。

4 应用案例

4.1 德国的应用案例

尽管德国在水处理技术方面有丰富的经验，但由于德国水资源充足，所以至今对处理后的生活污水进行再利用的实践并不普遍。德国的水再利用主要集中于农业灌溉中的滴灌和喷灌，以及用于补充地下水、或作为非直接再利用形式的河岸渗滤（非本篇讨论的范围）。此外有少量用于家庭和宾馆的灰水利用。

少数的农业灌溉及污水养鱼案例源于早期的城市污水处理工艺，在德国20世纪初已被普遍应用。 但随着环境污染排放指标越来越严格，并由此推动现代污水生物处理技术在区域范围内推广，对处理后的城镇生活污水再利用的做法大都停止了。

在德国可以找到过去的和即将实现的农灌用水再利用案例，例如在柏林、比勒费尔德、不伦瑞克（见案例介绍），达姆斯达特、多特蒙德、弗莱堡、明斯特和沃尔夫堡。 已经运行的污水养鱼的案例可在阿姆贝格、纽伦堡、斯潘道、和慕尼黑周边地区找到。

案例：不伦瑞克（Braunschweig）地区作为农灌用水和保护接受水体的再利用

不伦瑞克自1895年已开始将城市生活污水作为肥料引流到轻砂质土壤上。一方面是为了改善城市的卫生状况以及自然接受水体的环境，同时也是为了提高该地区的土壤质量。如今，不伦瑞克的城镇污水（约2200万m^3/年）全经由现代化的斯坦豪夫污水处理厂进行生物处理（35万人口的污水接入能力），而后在夏季处理水可以回用于约3000公顷的喷灌农地，其中部分混合了过剩污泥。

在这些农地上种植的主要是经济作物，例如甜菜。种植可直接食用或经初加工后食用的粮食作物出于卫生原因而被禁止。未来种植可生产再生能源作物的计划正处于研讨阶段。

在冬季月份里处理水用于补给和存蓄地下水，现有的灌溉地被用作自然的缓冲带来调节污水处理厂的排放冲击负荷、保护敏感的自然接受水体。通过持续的灌溉此间已产生宝贵的、值得保护的生态系（生物生境）。

上述水再利用项目数量有限的原因在于现有新鲜淡水资源的充沛。但是德国也存在地区性的差异，如今德国东部地区已处于气候性水平衡的均值以下。在极端炎热和干燥的年份里降雨量不足可达300mm，这导致土壤表层的干涸。根据对世界气候变化的预测以及随之而来的全球气候变暖，预计德国也将会遭遇越来越多这样的极端天气。

这些地区大面积的土地主要为农业用途，将处理水回用于农田灌溉以及在缺水期调节用水需求在未来有新的应用前景，尤其适用于那些非食用类作物，如用于制造可再生能源的作物，这样卫生风险级别可以降低。

4.2 世界其他地区的案例

世界范围内，有意识的水再利用实践有众多的应用案例可循（见下述欧洲（西班牙），地中海地区（约旦）和美国的案例介绍）， 此外还用于农业灌溉、城镇绿化用水、污水养鱼、中水回用和补充地下水。可以从丰富的文献资料和众多的案例研究中获取更详细的信息，包括新近出版的《国际水再利用研究》(JIMENEZ 和 ASANO, 2008)，《地中海废水再利用报告》(MED-EUWI, 2007)。

案例：西班牙科斯塔-布拉瓦的废水再利用 （西班牙）

在西班牙北部，水再利用项目的发展势头很好，特别是沿Catalonia的海岸地区，水再利用的意义不仅反映在政治和结构性改革上、也反映在可靠的数据上。 例如1989至2001年间，Costa Brava沿岸经生物处理后重新利用的水量从几乎为零增长到到每年约230万立方米。同期污水现有排放稳定量约3000万立方米。这里主要是对葡萄园、果树园和高尔夫球场的灌溉应用。处理水也用于补给地下水体并作为缓冲防止盐化水侵扰，例如在Torroella de Montgri 和 Tossa de Mar 即有这样的案例

(SALA et al., 2002)。

案例：约旦河谷地区的废水再利用 （约旦）

约旦面临着严重的水资源匮乏问题，并预计随着水需求量的增加形势会更加恶化。基于这样的背景，约旦政府鼓励水的再利用并配套出台了众多的法律和规章。目前灌溉用水总量（约4.44亿m^3）中的16%（约7100万m^3）来源于处理后的污水。

特别是在约旦河谷地区，处理后的水与新鲜水按1:3的比例混合后作为灌溉水再利用，（稀释以便于“无限制的灌溉”）,King Talal蓄水区在这里扮演着决定性的角色，它接纳了来自As Samra, Baqa和Jerash污水处理厂约5700万m^3的已处理污水。

(Schneider,2005)

案例：美国加利福尼亚地区的水再利用 （美国）

加利福尼亚的案例被认为是该领域内的发展趋势，这既包括已有的法律标准和应用技术，也包括社会的认同度。仅在2000年就有超过200个污水厂的处理水可被再利用，再利用类型以农业灌溉和园地绿化用水为主。

例如，蒙德利(Monterey)周边地区供应美国市场70%的洋蓟，其中很大部分种植产地用处理回用水灌溉，在灌溉高峰期，平均83000 m^3/天的废水产生量可被全部处理并用于灌溉。

在欧文(Irvine)，平行于饮用水管网之外另有一套独立的处理水分配管网，用于灌溉公园、高尔夫球场、交通道路草地边坡等。处理回用水占到总用水量的20%，处理水通过技术管控措施也可以分配给私人家庭。

(Orth,2005)

5 以水再利用为目标的污水处理工艺评估矩阵

5.1 评估矩阵的目标

为了水的再利用，我们应针对应用个案来选择最适宜的污水处理技术，并要顾及国家的规定和国际标准（例如世卫组织和粮农组织）。在选择处理技术时应注意各国家/地区间各不相同的框架制约因素，例如可以获取的投资、运营资源以及当地操作人员的培训水平。

为了协助工厂规划者和建设者完成这一复杂的任务，德国水、污水和废弃物处理协会DWA BIZ-11.4 “水的再利用”工作组创建了一个缜密的、针对不同水处理工艺的评估矩阵。评估矩阵从出水水质、成本、物料和能量消耗、维护费用等不同角度对各单项工艺进行评估，评估包括不依赖于使用地点的处理工艺特征描述和比较，尤其是对于农业灌溉这样的应用目的。

由评估结果发展而成的矩阵提供了一个各种处理工艺的概览，并可以在初次评估中作为快速简单的决策帮助工具。没有必要对其全面完整性和普遍有效性提出要求，但是矩阵应能适用于大多数的应用情形。它显然不能取代特殊个案中的专业调研和有针对性的决策，但它可以使作出明智和有充分依据的决策变得可行或容易，即使是在可获取的专业知识有限的时候。

矩阵中所罗列的评估项主要是技术特征。与污水再利用相关的健康风险没有明确列出。读者可以利用相关的文献，例如如世界卫生组织的指令（2006年）。

5.2 限制因素

污水再利用可及的程度要求给出一个使用范围的限制，本篇发布的评估矩阵有意识地集中于下列领域：

- 农业灌溉；
- 家庭非饮用水用途（如冲洗厕所）；
- 城市用水（如用于公园绿化灌溉、街道清洗或消防用水）

评价矩阵的出发点是已经规划或将要使用处理后的城市生活污水，对此，农业灌溉作为使用最广泛的水再利用类型之一是一项重点。该领域对水的大量需求和相较其他利用类型而言较低的处理要求(例如水中的富营养元素只需要被部分去除，如有需要它们可以作为肥份留在水中)为污水再利用提供了较大的发展潜力。原质污水从而可以被认为是产出“处理水”的原材料，“处理水”可以根据再利用类型的不同而有不同的质量：例如富营养元素的容许含量与作物生长期和土壤条件相关、此外卫生质量与灌溉作物及耕作类型、水中的固体物含量与灌溉技术相关等等。与其类似的是城镇水再利用，例如绿化灌溉用水或家庭非饮用水用途。

下述利用类型没有被考虑在评估矩阵里：

- 工业用途；
- 饮用水供应中的间接再利用；
- 废水分类收集

评估矩阵没有考虑工业中的水再利用和循环使用，因为它们在德国已得到相当成熟的实践，没有必要在这里再做深入的研究。在许多工业应用中其已集成到生产过程中，因此在某种程度上不可能将企业内部生产循环与单独的水再利用循环区分开来。下述数据可以看出工业水再利用的规模：加工工业的年用水量约为 30200 Mm^3/年（其中约 22500 Mm^3为冷却水）;而新鲜水的供应量为6200 Mm^3/年，得出重复用水量约为 24000Mm^3/年。水的利用率（工业用水量/新鲜水量）为4.9。这意味着，每立方米的水平均起来重复使用了几乎5次。工业再利用水的数量（约24000 Mm^3/年）超过了城市污水（9695 Mm^3/年），是其2.4倍。（1998年数据，来源于德国联邦统计办公室，引用于CORNEL 和 MEDA，2008）

同样没有被纳入评估矩阵的还有间接再利用形式，例如，下游利用上游向地表水排放的污水。间接再利用在中欧人口稠密地区发挥着不可忽视的作用，原因在于人们把这些欧洲大型河流，如莱茵河和多瑙河，同时当做污水处理厂处理水的接受水体和饮用水的未净化水源。此外，在人口稠密地区的很多地表水水体中能测出废水的典型成份。这种处理水和饮用水事实上的封闭循环体现出一种 “无计划的、间接的再利用”类型，这不是本文研讨的部分。

所谓废水分类收集概念，即基于分离不同的污水流（黑水、棕水、黄水和灰水）的方式不属于本评价矩阵的范畴，读者可以参阅数量丰富的相关文献。

5.3 矩阵的结构和概念释义

完整的评估矩阵显示在附录中，分成多张表格，其包含按主题分组的各项技术。

在矩阵结构中，矩阵列代表不同的污水处理工艺，矩阵行代表评估参数。带有评估参数的表头详见表1。

评估过程是按“高”、“中等”、“低”归类，并部分辅以特定的关键数据，例如能源消耗和部分废水参数的去除率。详细依据来源于给出的参考资料和工作组成员的预测。矩阵每单元块后的数字指明了其来源，相关图例说明列于附件结尾。

表 1 ：带有评估参数的表头

因 素				行 号
健康风险	水处理设施的操作人员			1
	处理回用水的使用者			2
经济效率	投资成本	用地需求		3
		建筑结构工程		4
		机械工程		5
		电气+测量、控制和自控技术		6
	运营成本	人员需求/成本		7
		能源需求/成本		8
		废弃物处理		9
		生产资料（沉淀剂等）		10
		维护成本		11
运行设备对环境的影响	甲烷排放			12
	异味气体			13
	干扰音/噪音			14
	悬浮微粒/气溶胶			15
	虫类（蠕虫、蚊蝇等）			16
对操作人员的要求	操作能力/操作成本			17
	维护保养成本			18
	员工所需的培训			19
设备技术	技术水平			20
	耐用性			21
	工艺稳定性			22
	运行中对出水水质进行影响的能力			23
	出水水质（处理效率）	化学需氧量 COD/生化需氧量 BOD 去除率		24
		悬浮物去除率		25
		富营养元素去除率	氨氮	26
			硝酸盐	27
			磷	28
		减少病原体	病毒	29
			细菌	30
			原生生物	31
			肠道寄生虫	32
		色度/异味		33
		剩余浊度		34
		处理过程造成的水中盐度升高		35
	残渣量			36
灌溉技术	根灌			37
	滴灌			38
	洒水/喷灌			39
	漫灌			40
使用类型	农业灌溉			41
	非饮用用途（例如：冲厕水）			42
	城镇用水（绿地灌溉、消防用水）			43
	林业灌溉			44

下面的章节将对评估矩阵的各行（即评估因素）进行说明，并界定其所采用的评估准则。

5.3.1 行 1-2 “健康风险”

水处理设施操作人员和处理回用水的用户所面临的健康风险可按下列准则进行定性评估：

类别	备注
高	例如，需要接触“危险”化学药品
中等	如有必要，需要进行消毒
低	仅作为预处理过程使用

5.3.2 行 3- 6 “经济效率 — 投资成本”

经济效率的表述是笼统和相对的，这种“低” — “中等” — “高”的分类只是对工艺进行第一手粗略的考量和比较。这些归类依据和受限于德国的特性参数值。

类别	备注
高	成本>1000€/人，以及 用地需求 > 1 m^2 /人口当量
中等	600< 成本 ≤1000 €/人口当量，以及 0.3< 用地需求 ≤ 1m^2/人口当量
低	成本≤600 €/人口当量，以及 用地需求≤0.3m^2/人口当量

提供具体特征数值的做法在很大程度上可以放弃，因为这些往往是不可传递的。对每一个计划都要重新和仔细地去确定投资和运营成本，因为经济效率是评估的决定性因素之一。但是经验表明，无论是在国家与国家之间还是国家内部不同地区之间，成本费用可以有很大的差异。这里要考量下述框架制约因素：

- 所在地/所在国家的的市场环境和竞争环境；
- 所选技术的详细说明；
- 建筑工程技术与机械工程技术及所选技术装备的关系；
- 在低收入国家中劳动力成本在投资和运营成本中所占的份额；
- 生产资料（能源，备件，耗材，化学品等）的可获取性及采购成本；
- 对获取和装备高素质的维修保养人员的需要。

在评价矩阵中，投资成本被分为用地需求、建筑结构工程、机械工程和 E+MCR（电气+测量、控制和自控技术）。除非用数值特别注明，用地需求以 m^2/人口当量的单位给出，因为地区间的土地价格差异是很大的。

基本上在定量比较时应注意，有些工艺是按比例测算的，另外的一些依据的是水力容量。与之相应，投资成本或者是基于居民数和人口当量以 €/人口当量为单位，或者是基于水力容量以 €/(m^3/h)为计量单位。它们之间进行换算的意义有限，且只有存在每人口当量对应特定废水排放量的假设条件下可以进行。

5.3.3 行 7 - 11 “经济效率 — 运营成本”

对所研究处理工艺运营成本的分析论述与投资成本部分类似，可被细分如下：

- 人力成本或者人员需求；
- 能源成本或者能源需求；
- 废弃物处置成本（延用德国的框架条件）；
- 生产资料成本，如沉淀剂、絮凝剂或其他化学品；
- 维护保养成本。

给定的数据源于德国对新建设施采用的做法。根据投资成本部分的论述，其并不能直接适用于其他国家。

对某些处理工艺以欧元/每立方米治理污水为单位按下列准则进行归类：

类别	备注
高	0.4 €/m^3 < 成本 ≤ 0.8 €/m^3
中等	0.06€/m^3 < 成本 ≤ 0.4 €/m^3
低	成本≤ 0.06 €/m^3

能源需求以千瓦时/立方米处理出水（kWh/m^3）为单位计。这些数值很大程度上与所在国家无关，可以直接传递采用。以下是能源需求的归类：

类别	注释
高	0.02 < 能源需求 ≤ 0.2 kWh/m^3
中等	0.002 < 能源需求 ≤ 0.02 kWh/m^3
低	能源需求≤ 0.002 kWh/m^3

5.3.4 行 12 - 16“设施运行对环境的影响”

运行水处理设施对环境承载力的影响按下列类别进行定性评估：

- 甲烷CH_4 排放（以及对气候有危害的气体排放）；
- 异味气体；
- 干扰音/噪声；
- 悬浮微粒、气溶胶；
- 虫类（蠕虫，苍蝇，蚊子等）

类别	备注
高	高的环境污染负荷
中等	中等环境污染负荷
低	低的环境污染负荷

5.3.5 行 17 - 19 “设施运转对操作人员的要求”

在许多发展中国家和新兴国家中，现有操作人员的培训水平成为选择合适的水处理技术时的一个制约因素。在评估矩阵中，各处理工艺对操作人员的要求在考虑到可操控地运行的情况下按下列准则评估：

- 可操作性以及操作费用；
- 维护保养费用；
- 对操作人员必要的培训

类别	备注
高	高要求
中等	中等要求
低	低要求

5.3.6 行 20 - 36 “设备技术”

在“设备技术”这一综合概念下，各处理工艺的技术细节、特别是处理效率被统合在一起。在众多的文献数据之外，下述定性的评估准则也被采用。

处理水的水质以及处理效率基于下列废水参数并结合去除率进行评估：

- 化学需氧量COD和生化需氧量BOD （有机碳化合物）；
- 悬浮物SS（可过滤物质、固体物质、悬浮物）；
- 营养成分（氨氮、硝酸盐、磷）；
- 病原体（细菌、病毒、原生动物、蠕虫）

在矩阵中，去除率以百分比（%）计，处理后水中的残留浓度以毫克/升(mg/l）计；病原体的去除以对数级的形式表达。评估准则如下：

类别	备注
高	去除率>70% 或 4-6 个对数级
中等	去除率介于 30-70% 或 2-3 个对数级
低	去除率 <30% 或 至 2 个对数级
没有影响	去除率 <5%
不相关	例如，仅用于后续治理

其他的参数被用于定性表述处理水的特征和状况：

- 颜色和气味；
- 剩余浊度；
- 处理过程造成水中盐度升高

类别	备注
高	处理出水呈现高的 （残留-）色度/异味/剩余浊度
中等	治理过的水呈现出中等的 （残留-）色度/异味/剩余浊度
低	治理过的水呈现出较低的 （残留-）色度/异味/剩余浊度
没有影响	——

此外其他非量化参数被用来直接描述设备技术和相对的定性评估：

- 技术水平；
- 耐用性；
- 工艺稳定性；
- 对出水水质进行影响的能力

类别	备注
高	较高程度
中等	中等程度
低	较低程度

处理工艺生成的残渣量按下表评估：

类别	备注
高	80 < 待处置的脱水污泥量 ≤110 L/(PT·a)
中等	40 < 代处理的脱水污泥量 ≤ 80 L/(PT·a)
低	代处理的脱水污泥量 ≤ 40 L/(PT·a)
没有污泥产出	——

5.3.7 行 37 - 40“灌溉技术”

对各个处理工艺都会加以说明，其处理后的出水是否允许通过给定的灌溉技术用于灌溉。

一般来说，具有精细元件的灌溉设施或喷雾喷嘴（如根灌和滴灌）要求灌溉水中的固态物浓度必须很低（可用干固体含量 DS 指标表达），因此过滤是推荐或必需采取的措施。

对于能够生成和播洒微小水滴和雾状微粒的灌溉工艺（例如通过自动喷灌装置），应对处理水进行额外消毒，以尽量减少对野外场地工作人员和邻近居民的健康风险。

类别	备注
适合	有时会受限于所要求的过滤和消毒措施，
不太适合	需要过滤
不适合	——
不相关	例如仅用于预处理

5.3.8 行 41 - 44“应用的选项”

该部分对各处理工艺按照下述类别进行归类，以判断将经过该工艺处理后的水用于某种再利用用途的做法是否可行或是值得推荐。

类别	备注
推荐	——
可能	——
不推荐	——
不可能	——

参考文献

AL-SABBAN, A. (2005): Vortrag in arabischer Sprache von HE Ahmed Al-Sabban, Deputy Minister for Planning and Development, Ministry of Islamic Affairs, Kingdom of Saudi-Arabia, auf der Konferenz „Middle East Water Reuse“, 27./28.11.2005, Abu Dhabi, VAE, veranstaltet von der Wirtschafts-Zeitschrift MEED

ANGELAKIS, A.; THAIRS, T.; LAZAROVA, V. (2001): Water Reuse in EU Countries: Necessity of Establishing EU-Guidelines, State of the Art Review, Report of the EUREAU Water Reuse Group EU2-01-26

ALCALDE, L.; ORON G.; MANOR, Y.; GILLERMAN, L.; SALGOT, M. (2004): Wastewater reclamation and reuse for agricultural irrigation in arid regions: The experience of the city of Arad, Israel, Israeli-Palesinian International Conference on Water for Life, Antalya, Turkey, Oct. 2004, <www.ipcri.org>

AQUAREC (2006): Water Reuse System Management Manual, AQUAREC (Integrated Concepts for Reuse of Upgraded Wastewater), Editors: Davide Bixio and Thomas Wintgens, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2006, ISBN 9279019341, Kurzfassung auf <www.aquarec.org>

ASANO, T. (2007): Water Reuse: Issues, Technologies and Applications, McGraw-Hill, 1. Auflage, März 2007, ISBN 9780071459273

ATV-M 205 (1998): Desinfektion von biologisch gereinigtem Abwasser, Ausgabe Juli 1998, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

ATV-DVWK-A 131 (2000): Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Ausgabe Mai 2000, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

BARJENBRUCH M.; AL JIROUDI D. (2005): Erfahrungen aus dem Vergleich von Kleinkläranlagen auf dem Demonstrationsfeld in Dorf Mecklenburg, GWF Wasser Abwasser, Jg. 146, Nr. 5, 2005, S. 400–407

Bfai - BUNDESAGENTUR FÜR AUßENWIRTSCHAFT (2007): Wassermanagement und Wassertechnik im Nahen und Mittleren Osten und in Nordafrika, 2007, Bundesagentur für Außenwirtschaft, ISBN: 3866434952

CORNEL, P. (2006): Weitergehende Behandlung von Kläranlagenabläufen (A-Kohle, Oxidations-, Desinfektionsverfahren u. a.), DWA WasserWirtschaftsKurs M/2 vom 11.-13. Oktober 2006, ISBN 3939057584

CORNEL, P.; MEDA, A.; HUBER, H. (2007): Development of a Matrix as a Decision Support Mechanism for Comparison and Evaluation of Technologies in Water Reuse Applications, in: Schriftenreihe Gewässerschutz-Wasser-Abwasser (GWA), Bd. 206, Advanced Sanitation, Hrsg.: Inst. für Siedlungswasserwirtschaft, RWTH Aachen, März 2007, ISBN 9783938996126, S. 28/1–28/9

CORNEL, P.; MEDA, A. (2008): Water reuse situation in Central Europe: the current situation, in: Water Reuse: An International Survey, Contrasts, issues and needs around the world, Editors: Blanca Jimenez und Takashi Asano, IWA Publishing, London, geplantes Veröffentlichungsdatum: 1.2.2008, ISBN 1843390892

DIN 19650 (1999): Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser, Ausg.: Febr. 1999, Beuth Verlag, Berlin

DWA-LANDESVERBAND BAYERN (2005): Kanal- und Kläranlagennachbarschaften, Fortbildung des Betriebspersonals 2005, München, ISBN 3887210581

DWA-A 262 (2006): Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur Reinigung kommunalen Abwassers, Ausgabe: März 2006, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

EMWIS (2007): Final report on waste water reuse – Annex B – Case studies, Nov. 2007, Ergebnisse der Arbeitsgruppe Abwasserwiederverwendung, Euro-Mediterranean Information System on Know-how in the Water Sector, <www.emwis.net/topics/waterreuse>

ENGELHARDT, N. (2006): Die Membranbelebungsanlage Nordkanal, Wiener Mitteilungen, Band 195, Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen, ISBN 3852340861

FRECHEN, F. B. (2006): Leistung und Kosten des Membranbelebungsverfahrens, DWA WasserWirtschafts- Kurs M/2 vom 11.-13. Oktober 2006, ISBN 3-939057584

GRÜNEBAUM, T.; WEYAND, M. (1995): Reduzierung der Betriebskosten bei der Abwasserbehandlung, 47. Darmstädter Seminar – Abwassertechnik – am 15. November 1995, Schriftenreihe WAR, Band 86, TH Darmstadt, ISBN 3923419791, S. 155–178

GÜNDER, B. (2001): Das Membranbelebungsverfahren in der kommunalen Abwasserbehandlung, Kommunale Kläranlagen, 2. Auflage, Technische Akademie Esslingen, Expert Verlag, ISBN 3816919944, S. 173–192

GÜNTHERT, F. W.; REICHERTER, E. (2001): Investitionskosten der Abwasserreinigung, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, ISBN 3486265075

GTZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT MBH, EMSCHER GESELLSCHAFT FÜR WASSERTECHNIK MBH (2006): Ausbildungsprogramm ONA, Algerien (PPP-Maßnahme), Schlussdokumentation, Zeitraum: 01.01. – 31.12.2006, Komponente 3 des Programms der Technischen Zusammenarbeit „Integrierte Wasserwirtschaft Algerien“

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability,

Fourth Assessment Report, Summary for Policymakers, Working Group II of the IPCC, Brussels, April 2007

IRC – INTERNATIONAL WATER AND SANITATION CENTRE (2004): Waste stabilization ponds for wastewater treatment, <http://www.irc.nl/page/8237>

JIMENEZ, B.; ASANO, T. (2008): Water Reuse: An International Survey, Contrasts, issues and needs around the world, Editors: Blanca Jimenez and Takashi Asano, IWA Publishing, London, 2007, geplantes Veröffentlichungsdatum: 1.2.2008, ISBN 1843390892

LABER, J. (2001): Bepflanzte Bodenfilter zur weitergehenden Reinigung von Oberflächenwasser und Kläranlagenabläufen, Wiener Mitteilungen, Band 167, ISBN 3852340586

LENZ, G. (2004): Qualifikation des Betriebspersonals auf Kläranlagen, Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef

LÜTZNER, K. (2002): Ein Beitrag zur Bilanzierung von Bodenfiltern, Dresdner Berichte 21, TU Dresden, ISSN 1615083X

MED-EUWI – MEDITERRANEAN EU WATER INITIATIVE (2007): Mediterranean Wastewater Reuse Report, Joint Mediterranean EIWI/WFD Process, Produced by the Mediterranean Wastewater Reuse Working Group, Nov. 2007, <http://www.emwis.net/topics>

MURL – MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW (1999): Handbuch – Energie in Kläranlagen, Düsseldorf, September 1999

NOWAK, J. (2005): Abwasserbehandlung in bepflanzten Bodenfiltern – Arbeitsblatt DWA-A 262 (Bemessung, Bau und Betrieb), 2005, DWA WasserWirtschafts-Kurs L/6 Abwasserentsorgung im ländlichen Raum, ISBN 3-939057002

ORTH, H. (2005): Länderbericht USA, in: Anforderungen an die Abwassertechnik in anderen Ländern, Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 02WA0452, Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil II: Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung, Hrsg.: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Bochum, ISBN 3981025504

RUDOLPH, K.-U.; SCHÄFER, D. (2001): Untersuchungen zum internationalen Stand und der Entwicklung Alternativer Wassersysteme, Hrsg.: Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF-Forschungsvorhaben 02WA0074, Oktober 2001

RUHRVERBAND (1992): Seminar über Schönungsteiche am 19. November 1992 beim Ruhrverband in Essen

SALA, L.; MUJERIEGO, R.; SERRA, M.; ASANO, T. (2002): Spain sets the example, Water 21, August 2002, S. 18–20

SCHLEYPEN, P. (2005): Isar-Badegewässerqualität, Vortrag beim Wasserwirtschaftlichen Kolloquium an der Universität der Bundeswehr München

SCHNEIDER, T. (2005): Länderbericht Jordanien, in: Anforderungen an die Abwassertechnik in anderen Ländern, Abschlussbericht zum BMBF-Vorhaben 02WA0452, Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil II: Abwasserbehandlung und Wasserwiederverwendung, Hrsg.: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, Bochum, ISBN 3981025504

STATISTISCHES BUNDESAMT (2006): Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Kap. 12.4 in Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 2006, Statistisches Bundesamt Deutschland, ISBN 9783824607730

STROHMEIER, A. (1998): Filtrationsanlagen, Kommunale Kläranlage, Technische Akademie Esslingen, ExpertVerlag, ISBN 3816914063, S. 246–266

UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (2006): Water – A Shared Responsibility, The United Nations World Water Development Report 2, UNESCO Publishing, Paris/ Berghahn Books, New York, ISBN 9789231040061

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2007): Global Environment Outlook: Environment for Development (GEO-4), <www.unep.org/geo/geo4/>

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C.A.L. (2006): Wastewater treatment in warm climates, Water 21, April 2006

WEDI, D.; WILD, W.; RESCH, H. (2005): Betriebsergebnisse der MBR Monheim – Abwasserreinigung und Erhalt der Permeabilitäten mittels chlorfreier chemischer Reinigung, in: Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung – Perspektiven, Neuentwicklungen und Betriebserfahrungen im In- und Ausland, 6. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik, Aachen 2005, Beitrag A9, Hrsg.: T. Melin, J. Pinnekamp, M. Dohmann, ISBN 3861307758

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, World Health Organization, Geneva, 2006, Veröffentlichung in vier Bänden

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (2006a): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, Volume 2: Wastewater use in agriculture, World Health Organization, Geneva, 2006, ISBN 9241546832

附件：以水再利用为目标的污水处理工艺评估矩阵

机械处理

因素				行号	机械处理											
					格栅						沉淀					
					使用沉淀剂/絮凝剂		不使用沉淀剂/絮凝剂		微径筛滤 10 µm		使用沉淀剂/絮凝剂		不使用絮凝剂	
健康风险	水处理设施的操作人员			1	高（使用化学品）	25	中等	25	低	27	高（使用化学品）	28	中等	28
	处理回用水的用户			2	低（仅在预处理阶段使用）	25	低（仅在预处理阶段使用）	25	低（需杀菌消毒）	27	低（仅在预处理阶段使用）	28	低（仅在预处理阶段使用）	28
经济效率	投资成本	用地需求		3	低	25	低	25	低	27	低 (0.04-0.06 m^2/人)	6	低 (0.02-0.04 m^2/人)	6
		建筑结构工程		4	中等（400-1000 €/(m^3/h) +絮凝剂）	2	中等（400-1000 €/(m^3/h)）	2	低	27	中等(250–1000 €/PT 处理池 + 1–80 €/PT 沉淀)	3	中等(250–1000 €/PT 处理池)	3
		机械工程		5	低	25	低	25	中等	27	低	34	低	34
		电气+测量、控制和自控技术		6	低	25	低	25	低	27	低	34	低	34
	运营成本	人员需求/成本		7	低	25	低	25	低	27	低	34	低	34
		能源需求/成本		8	中等(0.0117-0.017 kWh/m^3)	27	中等(0.009-0.013 kWh/m^3)	27	低	27	低 (~0,002 kWh/m^3)	5	低 (~0,001 kWh/m^3)	5
		废弃物处置		9	高	25	中等	25	低	27	高	34	中等	34
		生产资料（沉淀剂等）		10	高	25	低（无生产资料）	25	低	27	高	34	低（无生产资料）	34
		维护保养成本		11	低	25	低	25	低	27	低	34	低	34
设施运行对环境的影响	甲烷排放			12	无	25	无	25	无	27	低（仅在长的沉淀时间条件下有通过厌氧分解过程生成甲烷的可能）	30	低（仅在长的沉淀时间条件下有通过厌氧分解过程生成甲烷的可能）	30
	异味气体			13	高	29	高	29	低	27	低	29	中等	29
	干扰音/噪音			14	低	29	低	29	低	27	低	29	低	29
	悬浮微粒/气溶胶			15	低	29	低	29	中等	27	低	29	低	29
	虫类（蠕虫、蚊蝇等）			16	高	29	高	29	低	27	中等	29	低	29
对操作人员的要求	可操作性/操作费用			17	中等	31	低	25	中等	31	中等	31	低	31
	维护费用			18	中等	31	低	25	中等	31	中等	31	低	31
	员工所需的培训			19	中等	29	低	29	中等（需要经过培训的员工）	27	中等	29	低	29
设备技术	技术水平			20	低/中等	25	低	25	高	27	中等	27	低	27
	耐用性			21	高	25	高	25	中等	27	中等	27	高	27
	工艺稳定性			22	高	25	高	25	中等	27	高	27	高	27
	对出水水质进行影响的能力			23	中等	25	低	31	低	31	中等	31	低	31
	出水水质（处理效率）	COD/BOD去除率		24	中等 (max 60%)	25	低（max.25%)	25	低(> 10 % 或 < 60 mg/l)	27	中等/高（COD 55-75%, BOD 45-80%)	6	中等(25-35% COD; 30-35% BOD)	6
		悬浮物去除率		25	高 (max 95%)	25	高（85%）	25	中等(> 30 % 或 < 10 mg/l)	27	中等/高 (60-90%)	6	中等(55-65 %)	6
		富营养元素去除率	氨氮	26	低（约 10%）	34	低（约10%）	34	低	27	低 (<30%)	6	低 (<30%)	6
			硝酸盐	27	无影响（0%）	25	无影响（0%）	25	低	27	无影响（0%）	34	无影响（0%）	3
			磷	28	高	25	低（<10%)	25	低	27	高（75-90%）	6	中等/低(<35 %)	6
		减少病原体	病毒	29	低	34	低	34	无数据	27	低（1-2个对数级）	1	低（0-1个对数级）	1
			细菌	30	低	34	低	34	无数据	27	低（1-2个对数级）	1	低（0-1个对数级）	1
			原生生物	31	低	34	低	34	无数据	27	低（1-2个对数级）	1	低（0-1 个对数级）	1
			肠道寄生虫	32	低	34	低	34	无数据	27	中等（1-3 个对数级）	1	中等（0-<1 个对数级）	1
		色度/异味		33	没有影响	25	没有影响	25	无影响	27	低（仅在长的沉淀时间条件下有通过厌氧分解过程生成恶臭的可能）	30	低（仅在长的沉淀时间条件下有通过厌氧分解过程生成恶臭的可能）	30
		剩余浊度		34	低	25	中等	25	低	27	低	34	中等	34
		处理过程造成水中盐度升高		35	中等（通过化学沉淀剂盐化）	25	没有影响	25	无影响	27	高（通过化学沉淀剂盐化）	30	无影响	30
	残渣量			36	中等（与地区相关 15-70 L/（人.年))	27	中等（与地区相关 15-60 L/（人.年))	27	低	27	高(730-2500 l/(人·年) 不稳定的含水或 40-110 l/(人·年) 脱水污泥)	6	低(370-730 l/(人·年) 不稳定的含水或 15-40 l/(人·年) 脱水污泥)	6
灌溉技术	根灌			37	不适合	25	不适合	25	适合	27	不适合	10	不适合	10
	滴灌			38	不适合	25	不适合	25	适合	27	不适合	10	不适合	10
	洒水/喷灌			39	适合（需要杀菌消毒）	25	不适合	25	适合	27	适合（需杀菌消毒）	10	适合（需杀菌消毒）	10
	漫灌			40	适合	25	适合	25	适合	27	适合	10	适合	10
使用类型	农业灌溉			41	可行	29	不推荐	29	推荐	27	可行	29	可行	29
	非饮用用途（例如：冲厕水）			42	不推荐	25	不可行	25	可行	27	不推荐	29	不可行	29
	城镇用水（绿化灌溉、消防用水）			43	不推荐	25	不可行	25	可行	27	不推荐	29	不可行	29
	林业灌溉			44	可行	25	可行	25	推荐	27	可行	29	可行	29

污水塘，污水收集和处理池

因素				行号	污水池						污水收集和处理池	
					曝气/好氧 带沉淀池		不曝气/缺氧/厌氧		熟化池			
健康风险	水处理设施的操作人员			1	低	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
	处理回用水的用户			2	中等（需要杀菌消毒）	26.33	中等（需要杀菌消毒）	26.33	中等（需要杀菌消毒）	26.33	中等（长的停留时间）	26.33
经济效率	投资成本	用地需求		3	高 (0.25-0.5 m²/人)	6	高 (1.2-3.0 m²/人)	6	高 (3.0-5.0 m²/人)	6	高	6
		建筑结构工程		4	低（300-1000 €/PT）	26.33	低（300-1000 €/PT）	26.33	低（300-1000 €/PT）	26.33	中等	26.33
		机械工程		5	低	2	低	2	低	26.33	低	26.33
		电气+测量、控制和自控技术		6	低	2	低	2	低	26.33	低	26.33
	运营成本	人员需求/成本		7	低	4	低	4	低	34	低	26.33
		能源需求/成本		8	中等	33	低	33	低	33	低	26.33
		废弃物处置		9	中等	26.33	中等	26.33	低	26.33	低	26.33
		生产资料（沉淀剂等）		10	低（无生产资料）	26.33	低（无生产资料）	26.33	低（无生产资料）	26.33	低（无生产资料）	26.33
		维护保养成本		11	低	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
设施运行对环境的影响	甲烷排放			12	中等（甲烷在沉淀区通过厌氧分解过程生成）	26.33	高（通过厌氧分解过程生成大量甲烷）	26.33	低（残留物运输和污泥的厌氧分解可能产生甲烷）	26.33	高（通过厌氧分解过程生成大量甲烷）	26.33
	异味气体			13	低	26.33	高（与操作有关）	26.33	低	26.33	低	26.33
	干扰音/噪音			14	中等（与曝气设备有关）	26.33	无	26	无	26	无	26
	悬浮微粒/气溶胶			15	中等（与曝气设备有关）	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
	虫类（蠕虫、蚊蝇等）			16	高（蚊子）	26.33	高（蚊子）	26.33	高（蚊子）	26.33	高（蚊子）	26.33
对操作人员的要求	可操作性/操作费用			17	低	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
	维护费用			18	低	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
	员工所需的培训			19	低	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
设备技术	技术水平			20	低	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
	耐用性			21	高	26.33	高	26.33	高	26.33	高	26.33
	工艺稳定性			22	高	26.33	高	26.33	高	26.33	高	26.33
	对出水水质进行影响的能力			23	低	26.33	低	26.33	低	26.33	低	26.33
	出水水质（处理效率）	COD/BOD去除率		24	中等/高 (65-80% COD，75-85%BOD)	6	中等/高 (65-80% COD，75-85%BOD)	6	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	26.33	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	10
		悬浮物去除率		25	高 (70-80%)	6	高（70-80%）	6	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	26.33	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	10
		富营养元素去除率	氨氮	26	低（< 30%）	6	中等（<50%）	6	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	26.33	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	10
			硝酸盐	27	低（< 30% 总氮）	6	中等（< 60% 总氮）	6	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	26.33	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	10
			磷	28	中等/低（< 35%）	6	中等/低（< 35%）	6	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	26.33	低(减少残留物运输/调节排放峰值)	10
		减少病原体	病毒	29	低（1-2个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-4个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-4个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-4个对数级，与停留时间相关）	1
			细菌	30	低（1-2个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-6个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-6个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-6个对数级，与停留时间相关）	1
			原生生物	31	低（0-1个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-4个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-4个对数级，与停留时间相关）	1	高（1-4个对数级，与停留时间相关）	1
			肠道寄生虫	32	中等（1-3个对数级，与停留时间相关）	1	中等（1-3个对数级，与停留时间相关）	1	中等（1-3个对数级，与停留时间相关）	1	中等（1-3个对数级，与停留时间相关）	1
		色度/异味		33	中等（颜色由藻类和细菌造成）	26.33	高（颜色由藻类和细菌造成/恶臭由厌氧分解过程产生）	26.33	中等（颜色由藻类和细菌造成）	26.33	中等（颜色由藻类和细菌造成）	26.33
		剩余浊度		34	中等	26.33	中等	26.33	中等	26.33	低	26.33
		处理过程造成水中盐度升高		35	中等（通过蒸发有发生盐化的危险）	26.33	中等（通过蒸发有发生盐化的危险）	26.33	中等（通过蒸发有发生盐化的危险）	26.33	中等（通过蒸发有发生盐化的危险）	26.33
	残渣量			36	中等（时段性的污泥清理）	26.33	中等（时段性的污泥清理）	26.33	中等（时段性的污泥清理）	26.33	中等（时段性的污泥清理）	26.33
灌溉技术	根灌			37	适合（需要过滤）	10	适合（需要过滤）	10	适合（需要过滤）	10	适合（需要过滤）	10
	滴灌			38	适合（需要过滤）	10	适合（需要过滤）	10	适合（需要过滤）	10	适合（需要过滤）	10
	洒水/喷灌			39	不太适合（需要杀菌消毒）	10	适合	10	适合	10	适合	10
	漫灌			40	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10
使用类型	农业灌溉			41	可行	26.33	可行	26.33	可行	26.33	可行	26.33
	非饮用用途（例如：冲厕水）			42	不推荐	26.33	不推荐	26.33	不推荐	26.33	不推荐	26.33
	城镇用水（绿化灌溉、消防用水）			43	不推荐	26.33	不推荐	26.33	不推荐	26.33	不推荐	26.33
	林业灌溉			44	可行	26.33	可行	26.33	可行	26.33	可行	26.33

UASB (升流式厌氧污泥床),活性污泥工艺，生物过滤，植物净化装置

因素				行号	升流式厌氧污泥床		活性污泥法				生物滤池		植物净化	
							炭的去除		富营养元素的去除					
健康风险	水处理设施的操作人员			1	低	28	低	28	高（使用化学品）	28	低	28	低	28
	处理回用水的用户			2	低（仅在预处理阶段使用）	28	低（仅在预处理阶段使用）	25	中等（需杀菌消毒）	28	中等（需杀菌消毒）	28	中等（需杀菌消毒）	28
经济效率	投资成本	用地需求		3	低(0.03-0.1 m^2/人)	6	低(0.12-0.25 m^2/人)	6	低(0.12-0.25 m^2/人)	6	低 (0.12-0.3 m^2/人)	6	高 (3-5 m^2/人)	6
		建筑结构工程		4	中等	26	中等（100-800 €/PT）	2	中等（200-900 €/PT）	2	中等（200-600 €/PT）	2	高(1000-2000 €/PT）	24
		机械工程		5	中等	30	中等（40-80 €/PT）	2	中等（40-80 €/PT）	2	低	2	低	24
		电气+测量、控制和自控技术		6	中等	30	高	2	高	2	低	2	低	24
	运营成本	人员需求/成本		7	低	30	中等（5-10 €/PT.年）	8	中等（5-10 €/PT.年）	8	低	5	低（50-130 €/PT.年）	24
		能源需求/成本		8	低	30	高(～0.110 kWh/m^3)	5	高(～0.190 kWh/m^3)	5	中等(～0.085 kWh/m^3)	5		
		废弃物处置		9	低	30	中等（10-20 €/PT.年）	8	中等（10-20 €/PT.年）	8	低	5		
		生产资料（沉淀剂等）		10	低（无生产资料）	30	中等（1-2.5 €/PT.年）	8	中等（1-2.5 €/PT.年）	8	低	5		
		维护保养成本		11	低	32	中等（2.51-5 €/PT.年）	8	中等（2.51-5 €/PT.年）	8	低	5		
设施运行对环境的影响	甲烷排放			12	高（在处理水中溶解的甲烷（温度越高份数越大））	30	无	30	无	30	无（只有在气流不足的时候，厌氧区可能会生成甲烷）	30	低（可能在厌氧区生成甲烷）	26
	异味气体			13	低	30	中等	29	低	29	中等	30	低	30
	干扰音/噪音			14	低	30	中等/高（和设备技术有关）	29	中等/高（和设备技术有关）	29	无	26	无	26
	悬浮微粒/气溶胶			15	低	30	中等/高（和设备技术有关）	29	中等/高（和设备技术有关）	29	低	30	低	30
	虫类（螨虫、蚊蝇等）			16	低	30	低	29	低	29	高	30	高	30
对操作人员的要求	可操作性/操作费用			17	中等	30	中等	31	高	31	中等	30	低	30
	维护费用			18	中等	30	中等	31	高	31	中等	30	低（阶段性的收割植物）	30
	员工所需的培训			19	中等	30	中等	29	高	29	中等	30	低	30
设备技术	技术水平			20	低	27	高	27	高	27	中等	30	低	27
	耐用性			21	低	27	高	27	高	27	高	27	低/中等	27
	工艺稳定性			22	低	27	高	27	高	27	高	27	高	27
	对出水水质进行影响的能力			23	中等	30	高	30	高	30	中等	30	低	30
	出水水质（处理效率）	COD/BOD去除率		24	中等/高 (50至 85-90%)	30	高（80-90% COD,85-93% BOD)	6	高（80-90% COD,85-93% BOD)	6	高（70-90% COD,80-93% BOD)	6	高（75-85% COD,80-90% BOD)	6
		悬浮物去除率		25	中等/高 (65-80%)	6	高（87-93%）	6	高（87-93%）	6	高（87-93%）	6	高（87-93%）	6
		富营养元素去除率	氨氮	26	中等（<50%）	6	低（约20%）	3	高（>80%)	6	中等/高 (50-85%)	6	中等/高 (40-98% 有季节变量)	29
			硝酸盐	27	中等(<60% 总氮)	6	无影响（0%）	3	高(约80%)	34	中等（<60%总氮）	6	低（0-17%）	24
			磷	28	中等/低(<35%)	6	低(30% 不用沉淀剂)/高(约90% 使用沉淀剂)	3	低(30% 不用沉淀剂)/高(约90% 使用沉淀剂)	3	中等/低（<35% 只适用沉淀剂）	6	中等/低(30-95% 根据年数)	29
		减少病原体	病毒	29	低(0-1个对数级)	1	低(0-2个对数级)	1	低(0-2个对数级)	1	低(0-2个对数级)	1	低(1-2个对数级)	1
			细菌	30	低(0.5-1.5个对数级)	1	低(1-2个对数级)	1	低(1-2个对数级)	1	低(1-2个对数级)	1	中等/低（0.5-3个对数级）	1
			原生生物	31	低(0-1个对数级)	1	低(0-1个对数级)	1	低(0-1个对数级)	1	低(0-1个对数级)	1	低(0.5-2个对数级)	1
			肠道寄生虫	32	低(0.5-1个对数级)	1	低(1-<2个对数级)	1	低(1-<2个对数级)	1	低(1-2个对数级)	1	中等（1-3个对数级）	1
		色度/异味		33	高(恶臭物质通过厌氧分解产生	30	低(正确操作)	30	低(正确操作)	30	低（在厌氧条件下有生成恶臭物质的可能）	30	低（在厌氧条件下有生成恶臭物质的可能）	30
		剩余浊度		34	中等	30	中等	26	中等	34	中等	30	中等	30
		处理过程造成水中盐度升高		35	无影响	30	低	30	中等(脱磷化学沉淀剂可造成盐度升高)	30	低(通过沉淀剂或填料内水份挥发造成盐度升高的危险只在高循环率,强日照和低湿度的情况下发生)	30	低(通过植物蒸腾作用有造成盐分升高的危险)	30
	残渣量			36	低（70-220 L/（人.年))不稳定,含水率高 或 10-35 L/(人.年)经脱水的污泥	6	高（1100-3000L/（人.年))不稳定,含水率高 或 35-90 L/(人.年)经脱水的污泥	6	高（1100-3000L/（人.年))不稳定,含水率高 或 35-90 L/(人.年)经脱水的污泥	6	中等（360-1900L/（人.年))不稳定,含水率高 或 35-80 L/(人.年)经脱水的污泥	6	中等/高 (植物叶片)	6
灌溉技术	根灌			37	不相关(只是预处理)	10	适合(需要过滤)	10	适合(需要过滤)	10	不太适合(需要过滤)	10	不太适合(需要过滤)	10
	滴灌			38	不相关(只是预处理)	10	适合(需要过滤)	10	适合(需要过滤)	10	不太适合(需要过滤)	10	不太适合(需要过滤)	10
	洒水/喷灌			39	不相关(只是预处理)	10	适合(需要杀菌消毒)	10	适合(需要杀菌消毒)	10	适合（需杀菌消毒）	10	适合（需杀菌消毒）	10
	漫灌			40	不相关(只是预处理)	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10
使用类型	农业灌溉			41	不推荐	30	推荐	29	推荐	29	可行	30	可行	30
	非饮用用途（例如：冲厕水）			42	不可行	30	不推荐	29	可行	29	不推荐	30	不推荐	30
	城镇用水（绿化灌溉、消防用水）			43	不可行	30	不上建	29	可行	29	不推荐	30	不推荐	30
	林业灌溉			44	可行	30	推荐	29	推荐	29	可行	30	可行	30

过滤（下游处理）、沉淀/絮凝（下游处理）、膜技术

因素				行号	过滤						沉淀/絮凝（后置式）		膜技术			
					快滤（大颗粒）		慢滤		双层过滤				超滤UF/微滤MF		纳滤NF/ 反渗透RO	
健康风险	水处理设施的操作人员			1	低	28	低	28	低	28	高（使用化学品）	28	高（使用化学品）	28	高（使用化学品）	28
	处理回用水的用户			2	中等（杀菌消毒）	28	中等（杀菌消毒）	28	中等（杀菌消毒）	28	中等（杀菌消毒）	28	低	28	低	28
经济效率	投资成本	用地需求		3	低	30	低	30	低	30	低	30	低	30	低	30
		建筑结构工程		4	低（20-60 €/PT）	11	低（20-60 €/PT）	11	低	32	低	32	高（4000-8000 €/(m^3/h)）	12,13, 14,15	高	34
		机械工程		5					低	34	低	32			高	34
		电气+测量、控制和自控技术		6					低	34	低	32			高	34
	运营成本	人员需求/成本		7	低	11	低	11	低	34	低	32		12,13, 14,15	高	34
		能源需求/成本		8	低	33	低	33	低	33	低 (~0,001 kWh/m³)	5			高(~0,45-0.70$ /m³脱盐)	10
		废弃物处置		9	低	11	低	11	低	34	中等	32			高	34
		生产资料（沉淀剂等）		10	低	11	低	11	低	34	中等	32			高	34
		维护保养成本		11	中等	11	中等	11	中等	34	中等	32			高	32
设施运行对环境的影响	甲烷排放			12	无	30	无	30	无	30	无	30	无	30	无	30
	异味气体			13	低	27	低	27	低	27	低	30	低	30	低	30
	干扰音/噪音			14	低	27	低	27	低	27	低	30	低	30	低	30
	悬浮微粒/气溶胶			15	低	27	低	27	低	27	低	30	无	30	无	30
	虫类（蠕虫、蚊蝇等）			16	中等	27	中等	27	中等	27	低	30	无	30	无	30
对操作人员的要求	可操作性/操作费用			17	中等	31	中等	31	中等	31	中等	30	高	30	高	30
	维护费用			18	高	31	高	31	高	31	中等	30	高	30	高	30
	员工所需的培训			19	高（员工需培训）	27	高（员工需培训）	27	高（员工需培训）	27	高（员工需培训）	30	高（员工需培训）	30	高（员工需培训）	30
设备技术	技术水平			20	低	27	中等	27	中等	27	低	27	高	27	高	27
	耐用性			21	中等	27	中等	27	高	27	高	27	中等	26	中等	27
	工艺稳定性			22	高	27	高	27	高	27	高	27	高	27	高	27
	对出水水质进行影响的能力			23	高	30	高	30	高	30	高	30	高	30	高	30
	出水水质（处理效率）	COD/BOD去除率		24	低 (>20%或<40g/l)	11	低 (>20%或<40g/l)	11	低 (>20%或<40g/l)	11	低	30	高（活性污泥法 约89-96%或COD<30g/l,	12,13 14,15	不相关（只是后处理）	30
		悬浮物去除率		25	中等/高 (>50%或>5 mg/l)	11	中等/高 (>50%或>5 mg/l)	11	中等/高 (>50%或>5 mg/l)	11	高	30	高（接近100%）	12,13 14,15	高	26
		富营养元素去除率	氮氮	26	高（<5mg/l）	11	中等（<5mg/l）	11	中等（<5mg/l）	11	低（约10%）	3	高（活性污泥法 约90%或 0.1-2mg/l)	12,13 14,15	不相关（只是后处理）	30
			硝酸盐	27	高（<5mg/l）	11	高（<5mg/l）	11	高（<5mg/l）	11	无影响（0%）	3	中等/高（4.5mg/l)	12,13 14,15	不相关（只是后处理）	30
			磷	28	中等（30% 无絮凝），高（约70% 或者<0.3 mg/l带絮凝剂）	11	中等（30% 无絮凝），高（约70% 或者<0.3 mg/l带絮凝剂）	11	中等（30% 无絮凝），高（约70% 或者<0.3 mg/l带絮凝剂）	11	高	3	高（带沉淀剂约90%或 0.5-0.7mg/l)	12,13 14,15	不相关（只是后处理）	30
		减少病原体	病毒	29	中等（1-3个对数级）	1	中等（1-3个对数级）	1	中等（1-3个对数级）	1	中等（1-3个对数级）	1	高（2.5->6个对数级）	1	高（2.5-6个对数级）	1
			细菌	30	中等（0-3个对数级）	1	中等（0-3个对数级）	1	中等（0-3个对数级）	1	低（0-1个对数级）	1	高（3.5->6个对数级	1	高（3.5->6个对数级	1
			原生生物	31	中等（0-3个对数级）	1	中等（0-3个对数级）	1	中等（0-3个对数级）	1	中等（0-3个对数级）	1	高（>6个对数级）	1	高（>6个对数级）	1
			肠道寄生虫	32	中等（1-3个对数级）	1	中等（1-3个对数级）	1	中等（1-3个对数级）	1	低（2个对数级）	1	高（>3个对数级）	1	高（>3个对数级）	1
		色度/异味		33	没有影响	30	没有影响	30	没有影响	30	没有影响	30	没有影响	30	没有影响	30
		剩余浊度		34	低	11	低	11	低	11	低	3	低	34	低	30
		处理过程造成水中盐度升高		35	没有影响	30	没有影响	30	没有影响	30	中等（通过化学沉淀剂盐化）	30	高（通过化学沉淀剂盐化）	34	中等（通过化学沉淀剂盐化）	30
	残渣量			36	低	30	低	30	低	30	低	30	低(550-1100 l/(人·年) 稳定的含水污泥 或 17-34 l/(人·年) 脱水污泥)	3	中等(高含盐的浓缩物需要处置)	30
灌溉技术	根灌			37	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10
	滴灌			38	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10
	洒水/喷灌			39	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10
	漫灌			40	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10	适合	10
使用类型	农业灌溉			41	推荐	27	推荐	27	推荐	27	推荐	30	推荐	30	推荐	30
	非饮用用途（例如：冲厕水）			42	可行	27	可行	27	可行	27	可行	30	推荐	30	推荐	30
	城镇用水（绿化灌溉、消防用水）			43	可行	27	可行	27	可行	27	可行	30	推荐	30	推荐	30
	林业灌溉			44	推荐	27	推荐	27	推荐	27	推荐	30	推荐	30	推荐	30

杀菌消毒

因素			行号	杀菌消毒											
				超滤膜UF		紫外线消毒 UV		臭氧		土壤过滤		深度处理塘		氯消毒	
健康风险	水处理设施的操作人员		1	高（使用化学品）	28	中等	26	高（使用化学品）	28	低	28	低	28	高（使用化学品）	28
	处理回用水的用户		2	低	28	低	28	低	28	低	28	中等（需后续消毒）	26	低（只在氯过量的时候）	26
经济效率	投资成本	用地需求	3	低	30	低	30	低	30	高	30	高	30	低	30
		建筑结构工程	4	高	34	低（7-41€/PT）	16	高（0.52€/m^3）	17	高	18,19,20,21	低	22,23	低	34
		机械工程	5	高	34	中等	26	高	32	低	18,19,20,21	低	22,23	中等（安全技术）	26
		电气+测量、控制和自控技术	6	高	34	中等	26	高	17	低	18,19,20,21	低	22,23	低	34
	运营成本	人员需求/成本	7	高（0.2-0.8€/m^3）	7	低（0.03-0.05€/m^3）	7	中等（0.05-0.2€/m^3）	7	低	18,19,20,21	低	22,23	低（0.04-0.06€/m^3）	7
		能源需求/成本	8							低	18,19,20,21	低	22,23		
		废弃物处置	9							低	18,19,20,21	低	22,23		
		生产资料（沉淀剂等）	10							低	18,19,20,21	低	22,23		
		维护保养成本	11							低	18,19,20,21	低	22,23		
设施运行对环境的影响	甲烷排放		12	无	26	无	26	无	26	无	26	有限的（剩余成分和污泥的厌氧分解过程可能产生甲烷）	30	无	26
	异味气体		13	低	30	低	30	低	30	低	30	低	30	低	30
	干扰音/噪音		14	低	30	无	26	低	30	无	26	无	26	无	26
	悬浮微粒/气溶胶		15	无	30	无	30	无	30	低	30	低	30	无	30
	虫类（蠕虫、蚊蝇等）		16	无	30	无	30	无	30	中等	30	高（蚊子）	30	无	30
对操作人员的要求	可操作性/操作费用		17	高	30	低	30	高	30	低	30	低	30	高	30
	维护费用		18	高	30	中等	26	高	30	低	30	抵	30	高	30
	员工所需的培训		19	高（员工需培训）	30	中等	26	高（员工需培训）	30	低	30	低	30	高（员工需培训）	30
设备技术	技术水平		20	高	27	中等	27	中等	27	低	27	低	27	低	27
	耐用性		21	中等	27	高	27	中等	27	中等	26	低/中等	27	中等	26
	工艺稳定性		22	高	27	高	27	高	27	高	27	中等/高	26	高	27
	对出水水质进行影响的能力		23	高	30	高	30	高	30	低	30	低	30	高	30
	出水水质（处理效率）	COD/BOD去除率	24	不相关（只是后续处理）	30	无影响	30	不相关（只是后续处理）	30	高（约85%）	18,19,20,21	低（减少剩余成份/调节峰值）	26	无影响	34
		悬浮物去除率	25	高	26	无影响	34	不相关（只是后续处理）	30	高（约90%）	18,19,20,21	低（同上）	26	无影响	34
		富营养元素去除率 氨氮	26	不相关（只是后续处理）	26	无影响	34	不相关（只是后续处理）	30	高（约80%）	18,19,20,21	低（同上）	26	无影响	34
		富营养元素去除率 硝酸盐	27	不相关（只是后续处理）	26	无影响	34	不相关（只是后续处理）	30	低（无植被10%）/高（有植被 70%）	18,19,20,21	低（同上）	26	无影响	34
		富营养元素去除率 磷	28	不相关（只是后续处理）	26	无影响	34	不相关（只是后续处理）	30	中等（无植被30%）/高（约80% 有植被）随运行时间延长效率降低	18,19,20,21	低（同上）	26	无影响	34
		减少病原体 病毒	29	高（2.5->6个对数级）	1	中等（1->3个对数级）	1	高（3-6个对数级）	1	中等/低（1.5-2.5个对数级）	18,19,20,21	高（1-4个对数级）	1	中等（1-3个对数级）	1
		减少病原体 细菌	30	高（3.5->6个对数级）	1	高（2->4个对数级）	1	高（2-6个对数级）	1	中等/低（1.5-2.5个对数级）	18,19,20,21	高（1-6个对数级）	1	高（3.5->6个对数级	1
		减少病原体 原生生物	31	高（>6个对数级）	1	高（>3个对数级）	1	低（1-2个对数级）	1	中等/低（1.5-2.5个对数级）	18,19,20,21	高（1-4个对数级）	1	低（0-1.5个对数级）	1
		减少病原体 肠道寄生虫	32	高（>3个对数级）	1	无影响	1	低（0-2个对数级）	1	中等	26	中等（1-3个对数级）	1	低（0-<1个对数级）	1
		色度/异味	33	没有影响	30	低（可以脱色）	30	低（可以脱色除味）	30	中等（在厌氧条件下可能产生恶臭）	30	中等（色度通过藻类形成，在厌氧条件下可能产生恶臭）	30	中等（余氯降低水的口感和气味）	30
		剩余浊度	34	低	34	没有影响	34	没有影响	34	低	18,19,20,21	中等	30	无影响	34
		处理过程造成水中盐度升高	35	没有影响	30	没有影响	30	没有影响	30	没有影响	30	有限（在停留时间较长、强日光照射、水面面积大的情况下通过挥发有盐化的风险）	30	低	26
	残渣量		36	低（浓缩物需处置）	30	无	30	无	30	低	26	低(阶段性的污泥处置空间)	30	无	30
灌溉技术	根灌		37	可行											10
	滴灌		38	可行											10
	洒水/喷灌		39	可行											10
	漫灌		40	可行											10
使用类型	农业灌溉		41	推荐											30
	非饮用用途（例如：冲厕水）		42	推荐											30
	城镇用水（绿化灌溉、消防用水）		43	推荐											30
	林业灌溉		44	推荐											30

图例说明

编号	数据来源
1	WHO, 2006a
2	Günthert 和 Reicherter, 2001
3	ATV-DVWK, 2000
4	DWA巴伐利亚州农业分会, 2005
5	MURL, 1999
6	来自Sperling 和Chernicharo, 2006
7	ATV, 1998
8	Grünebaum 和 Weyand, 1995
9	Lenz, 2004
10	Alcalde 等 2004
11	Strohmeier, 1998
12	Wedi, 2005
13	Engelhardt, 2006
14	Günder, 2001
15	Frechen, 2006
16	Schleypen, 2005
17	Cornel, 2006
18	Laber, 2001
19	Novak, 2005
20	DWA, 2006
21	Lützner, 2002
22	IRC, 2004
23	Ruhrverband, 1992
24	Barjenbruch 和 Al Jiroudi, 2005
25	全体工作组
26	Tim Fuhrmann (个人的见解)
27	Hans Huber (个人的见解)
28	Volker Karl (个人的见解)
29	Roland Knitschky (个人的见解)
30	Alessandro Meda 和 Peter Cornel (个人的见解)
31	Hermann Orth (个人的见解)
32	Holger Scheer (个人的见解)
33	Florian Schmidtlein (个人的见解)
34	Christina Schwarz (个人的见解)

附件 A　缩写词释义 （未包括于德文版本内）

翻译说明事项：

本篇大部分的专业术语未做改动，因为他们已经是国际通晓的概念，所用到缩写词是对各德语参数的英文翻译，为简单清楚起见，它们尽可能地与德文符号术语匹配，如无法实现，则将德文原词放在英文译词后的方括号内。这不是为英语区的工程界创造新符号定义，而是为了那些不懂德语的读者更好地能理解德文符号和术语。

缩写词			定义
英文	德文	中文	
BOD	[BSB]	生化需氧量	Biochemical Oxygen Demand
COD	[CSB]	化学需氧量	Chemical Oxygen Demand
DS	[TS]	干固体含量	Dry solids
E+MCR	[E+MSR]	电气+测量、控制与自控技术	Electro-, Measurement-, Control- and Regulation technology
N_{tot}	[N_{ges}]	总氮	total Nitrogen
SS	[AFS]	悬浮物	Suspended Solids
PT	[EW]	总居民数和人口当量	Total number of inhabitants and population equivalents