

RainWater



**Das Benutzerhandbuch zum
Windows-Programm RAINWATER
für die Auslegung und Simulation von
Regenwassernutzungsanlagen**

Pforzheim, 1999

CopyRight © S&L TerraSoft GmbH

S&L TerraSoft GmbH
Westring 27
75180 Pforzheim

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	7
1.1	DER SCHNELLEINSTIEG.....	7
1.2	ALLGEMEINES ZUR REGENWASSERNUTZUNG	7
2	VERWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON REGENWASSER	9
2.1	HISTORISCHER RÜCKBLICK	9
2.2	DAS ANGEBOT AN REGENWASSER IN DEUTSCHLAND	10
2.3	WASSEREINSPARUNGSMÖGLICHKEITEN.....	10
2.4	VERWENDUNG VON REGENWASSER IM HAUSHALT	12
2.4.1	Toilettenspülung.....	12
2.4.2	Waschmaschine.....	12
2.4.3	Putzen.....	13
2.5	VERWENDUNG VON REGENWASSER IN GEWERBE UND INDUSTRIE	13
2.5.1	Toilettenspülung.....	13
2.5.2	Wasserintensive Prozesse, Reinigungszwecke und Sonstiges.....	13
2.6	VERWENDUNG VON REGENWASSER IM GARTEN UND ZUR BEWÄSSERUNG VON GRÜNLANDEN	13
2.7	MÖGLICHKEITEN DER REGENWASSERNUTZUNG NACH SEKTOREN.....	15
3	BESCHREIBUNG EINER REGENWASSERANLAGE.....	17
3.1	REGENAUFFANGFLÄCHE (DACH).....	17
3.1.1	Die Auffangfläche	17
3.1.2	Qualität des Regenwassers	17
3.1.3	Minderung des Regenertrages	17
3.2	REGENWASSERFILTER	18
3.3	REGENWASSERSPEICHER (ZISTERNE)	19
3.3.1	Regenwasserspeicher	19
3.3.2	Selbstreinigung der Zisterne durch Sedimentation	20
3.3.3	Speicherüberlauf.....	21
3.4	HAUSSTATION (PUMPE UND TRINKWASSERNACHSPEISUNG)	22
3.4.1	Pumpe	22
3.4.2	Trinkwassernachspeisung	22
3.4.3	Stromverbrauch.....	23
3.5	REGENWASSERNetz UND ENTNAHMESTELLEN.....	23
4	GRUNDLAGEN DER SIMULATION.....	25
4.1	ALLGEMEINES	25
4.1.1	Modellbildung technischer Systeme.....	25
4.1.2	Physikalisches und mathematisches Modell	25
4.1.3	Ergebnisse der Simulationsrechnung.....	26
4.2	DAS KLIMAMODUL.....	26
4.2.1	Die Klimadatensätze	26
4.2.2	Niederschläge - Regen und Schnee.....	27
4.3	DAS MODUL DER REGENAUFFANGFLÄCHE	27
4.3.1	Regen und Schnee	27
4.3.2	Ausrichtung der Regenauffangfläche.....	28
4.3.3	Regenertrag auf der Auffangfläche.....	28
4.3.4	Minderung des Regenertrages.....	29
4.4	FILTER	30
4.5	SPEICHERFÜLLSTAND	30
4.6	REGENWASSERVERBRAUCH – VERBRAUCHSPROFILE	31
4.7	TRINKWASSERNACHSPEISUNG	31

4.8	WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG	32
5	DAS PROGRAMM RAINWATER.....	33
5.1	SYSTEMVORAUSSETZUNGEN	33
5.2	DIE INSTALLATION	33
5.3	DIE VERZEICHNISSE	34
5.4	DIE DATENBANKEN.....	34
5.5	ERSTE SCHRITTE	34
5.6	DAS HAUPTMENÜ	35
5.6.1	<i>Datei</i>	35
5.6.2	<i>Nutzerdaten</i>	36
5.6.3	<i>Anlage</i>	36
5.6.4	<i>Simulation</i>	37
5.6.5	<i>Ergebnisse</i>	37
5.7	DAS ANLAGENSHEMA.....	37
5.8	DIE EINGABEFENSTER VON RAINWATER	38
5.8.1	<i>Allgemeines</i>	38
5.8.2	<i>Nutzeradresse</i>	39
5.8.3	<i>Klima</i>	39
5.8.4	<i>Regenauffangfläche</i>	40
5.8.5	<i>Filter</i>	41
5.8.6	<i>Primärspeicher</i>	42
5.8.7	<i>Zwischenspeicher</i>	43
5.8.8	<i>Hausstation inklusive Pumpe(n)</i>	44
5.8.9	<i>Regenwasserverbrauch im Haus</i>	45
5.8.10	<i>Regenwasserverbrauch im Garten</i>	47
5.8.11	<i>Ökonomische Parameter</i>	48
5.9	SPEICHEROPTIMIERUNG UND SIMULATION	49
5.9.1	<i>Speicheroptimierung</i>	49
5.9.2	<i>Simulationsrechnung</i>	52
5.10	SIMULATIONSERGEBNISSE - ERGEBNISAUSDRUCK.....	53
5.10.1	<i>Gesamtergebnis der Simulation</i>	53
5.10.2	<i>Ökonomisches Ergebnis der Simulation</i>	54
5.10.3	<i>Anlagenüberblick</i>	56
5.10.4	<i>Individueller Briefkopf</i>	56
5.11	STANDARDEINSTELLUNGEN.....	57
5.11.1	<i>Allgemeines</i>	57
5.11.2	<i>Klima</i>	57
5.11.3	<i>Regenauffangfläche</i>	58
5.11.4	<i>Filter</i>	58
5.11.5	<i>Speicher</i>	61
5.11.6	<i>Pumpe & Nachspeisung</i>	62
5.11.7	<i>Verbrauch</i>	63
5.11.8	<i>Ökonomische Daten</i>	64
5.11.9	<i>Sonstiges</i>	65
5.11.10	<i>Verzeichnisse</i>	66

6	BEISPIEL ZUR AUSLEGUNG EINER REGENWASSERNUTZUNGSANLAGE MIT RAINWATER	67
6.1	BEISPIEL: REGENWASSERNUTZUNGSANLAGE FÜR EIN EINFAMILIENHAUS	67
6.2	AUSWAHL DES ANLAGENTYPSTPS.....	67
6.3	DIE NUTZERDATEN.....	67
6.4	DAS KLIMA	68
6.5	DIE REGENAUFFANGFLÄCHE (DACH)	69
6.6	FILTER.....	69
6.7	REGENWASSERSPEICHER	70
6.8	HAUSSTATION UND PUMPE.....	71
6.9	VERBRAUCH IM HAUS	71
6.10	VERBRAUCH IM GARTEN	72
6.11	ÖKONOMISCHE PARAMETER.....	73
6.12	SPEICHERN DER REGENWASSERANLAGE.....	73
6.13	AUSLEGUNG UND SIMULATION	74
6.13.1	<i>Optimierung</i>	74
6.13.2	<i>Simulation</i>	76
6.14	SIMULATIONSERGEBNISSE	76
6.14.1	<i>Gesamtergebnis</i>	77
6.14.2	<i>Ökonomisches Ergebnis</i>	78
7	REGENRÜCKHALTUNG DURCH REGENWASSERANLAGEN	79
7.1	REGENRÜCKHALTEBECKEN UND KLÄRANLAGEN	79
7.2	DEZENTRALE REGENRÜCKHALTUNG	79
7.3	WARUM FÜR REGENWASSER KEINE ABWASSERGEBÜHREN ERHOBEN WERDEN SOLLTEN	79
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	81
9	ANBIETERVERZEICHNIS	83

1 Einleitung

1.1 Der Schnelleinstieg

Zum Schnelleinstieg in das Programm RAINWATER lesen Sie Kapitel 5 und Kapitel 6. In Kapitel 5 erhalten Sie einen Überblick über die Systemvoraussetzungen und die Installation von RAINWATER. Dieses Kapitel enthält außerdem eine Erläuterung der grafischen Bedieneroberfläche und der Fenster zur Eingabe der Anlagenparameter. Ein ausführliches Beispiel für die Auslegung einer Regenwasseranlage eines Einfamilienhauses finden Sie in Kapitel 6.

1.2 Allgemeines zur Regenwassernutzung

Nahezu 70% der Erdoberfläche besteht aus Wasser. Der weitaus größte Anteil davon ist Salzwasser. Trinkwasser mit einem Anteil von etwa einem Prozent ist daher ein kostbares Gut. Da Trinkwasser zum Überleben der Menschen unverzichtbar ist, wird die Trinkwasserverknappung und die ständige Zunahme der Menschen dazu führen, daß in der Zukunft in einigen trockenen Regionen der Erde Kriege um Trinkwasser geführt werden. Doch selbst in unseren gemäßigten Regionen ist Trinkwasser ein kostbares Gut, das aus Brunnen gewonnen oder aus Oberflächenwasser sehr aufwendig aufbereitet werden muß. Die notwendige aufwendige Aufbereitung führt zu einer fortwährenden Kostensteigerung bei der Gewinnung von Trinkwasser. Trinkwasser wird daher auch bei uns in Zukunft immer teurer werden.

Zudem wird Trinkwasser immer knapper. Man beachte beispielsweise die trockenen Sommer in den Mittelmeerländern, mit seit Jahren rückgängigen Niederschlägen und lang anhaltenden Trockenperioden. Auch in den gemäßigten mitteleuropäischen Regionen, vor allem in den Ballungszentren, kann zu manchen Jahreszeiten eine gewisse Trinkwasserverknappung beobachtet werden. Durch die Belastung des Grund- und Oberflächenwassers wird es außerdem immer schwieriger, das Trinkwasser für die vielen Menschen in den Ballungszentren zur Verfügung zu stellen.

Wichtig sind daher alle Maßnahmen, die uns helfen den Verbrauch von Trinkwasser zu reduzieren. Möglichkeiten zur Reduzierung sind ein bewußterer Umgang mit dem kostbaren Gut Trinkwasser, der Einbau von wassersparenden Armaturen und Toilettenspülkästen, sowie die Nutzung von Regenwasser, das uns in ausreichender und guter Qualität kostenlos zur Verfügung steht.

2 Verwendungsmöglichkeiten von Regenwasser

Zur Beschreibung der Verwendungsmöglichkeiten von Regenwasser sind zuerst einige Definitionen notwendig. Die Definitionen orientieren sich weitestgehend an /König, 1996/.

Betriebswasser

Betriebswasser ist nutzbares Wasser ohne Trinkwasserqualität. Genutzt werden kann es beispielsweise für die Toilettenspülung, die Waschmaschine und die Bewässerung.

Dachabflußwasser

Das Dachabflußwasser ist das Niederschlagswasser, das von den Dachflächen (allgemeiner: den Regenauffangflächen) abläuft, inklusive den auf der Auffangfläche aufgenommenen Verunreinigungen.

Regenwasser

Regenwasser ist die übliche Form des natürlichen Niederschlages. Andere Formen des natürlichen Niederschlages sind Schnee, Hagel, Graupel, Reif, Tau und Nebel. Außerdem ist Regenwasser ein im allgemeinen Sprachgebrauch verwendeter Begriff für Betriebswasser aus Niederschlägen von Dächern und anderen Oberflächen.

Grauwasser

Grauwasser bezeichnet schwach verschmutztes Wasser, wie beispielsweise im Haushalt das Abwasser aus der Waschmaschine, dem Waschbecken, der Dusche oder der Badewanne. Grauwasser kann unter bestimmten Umständen als Betriebswasser wiederverwendet werden.

2.1 Historischer Rückblick

Bereits aus der Antike und dem Römischen Reich sind Zeugnisse über die gezielte Sammlung und Nutzung von Regenwasser erhalten. Das auf den Dächern aufgefangene Regenwasser führte man schon damals unterirdischen Zisternen zu, da sich auf diese Weise größere Wassermengen kühl und ohne Verdunstungsverluste speichern ließen (/König, 1995/).

Besondere Bedeutung hatten Zisternen in antiken Verteidigungsanlagen – in Burgen. Eine wichtige Aufgabe der Burg war nicht nur der Schutz, sondern auch die Sicherstellung der Versorgung der in der Burg lebenden Menschen. So sind beispielsweise auf dem Burgberg der Königsstadt Pergamon auf einer Fläche von 8 ha 80 Zisternen gefunden worden (/König, 1995/). Das Volumen dieser Zisternen liegt bei 10 bis 130 m³. In anderen Festungsanlagen wurden Zisternen mit einem Speichervolumen von bis zu 1.000 m³ in den Felsen geschlagen.

Im Zeitalter nach der Zerschlagung des römischen Reiches versank nicht nur die Kultur Europas im tiefen Mittelalter, sondern auch die Trinkwasserversorgung wurde auf einen primitiven Stand zurückgeworfen. Dies führte zu teilweise katastrophalen hygienischen Bedingungen, welche den Ausbruch von Krankheiten verursachen konnten. In Großstädten

war die Situation besonders schlimm, so daß vor allem hier über die Aufbereitung von Trinkwasser nachgedacht werden mußte.

Beispiele für die gezielte Trinkwasseraufbereitung in Europa nach dem römischen Reich sind die mit Sandfiltern versehenen venezianischen Zisternen. Eine ca. 3m tiefe Grube wurde mit einer wasserdichten Tonschicht ausgekleidet und mit Sand gefüllt. In diese Gruben wurde das auf Plätzen und Dächern aufgefangene Regenwasser geleitet, vom Sand gefiltert und über einen Brunnenschacht in der Mitte der Grube wieder entnommen (/Schmidt, 1986/).

Während der nordamerikanischen Pionierzeit entwickelte sich der Typ der amerikanischen Zisterne. In diese unterirdische Zisterne wird das Regenwasser ohne vorherige Reinigung geleitet. Der Vorgang der Sedimentation (s. Abbildung 3) führt zu einem Absetzen von Schmutzpartikeln. Eine Filtration mit einem Sandfilter findet erst bei der Entnahme des Wassers mit Hilfe eines geschlitzten Saugrohres aus der Zisterne statt.

Vorgeschaltete Filter wurden im 19. Jahrhundert in Dalmatien und Istrien für die Regenswasserspeicher entlang der Eisenbahnstrecke durch das dortige Karstgebirge verwendet, nachdem sich Ingenieure zum ersten mal damit beschäftigten, Zisternen in großer Anzahl zu konstruieren. Dies führte dazu, daß es alsbald zu weiteren Verbesserungen bei Zisternenanlagen kam. So wurden Grobfilter den Feinfiltern vorgeschaltet und die Zisternen wurden mit Überläufen versehen (/Schmidt, 1986/).

2.2 Das Angebot an Regenwasser in Deutschland

Die jährlichen Niederschlagsmengen in Deutschland liegen für die meisten Gebiete zwischen 500mm und 1250mm. In den Mittelgebirgen treten vereinzelt Jahresniederschlagssummen von bis zu 1500mm, im Schwarzwald sogar bis zu 2000mm, auf. In den Hochgebirgslagen der Alpen finden sich sogar Werte von über 2000mm pro Jahr. Nach /König, 1996/ ist in den Hochgebirgslagen die Verteilung der Niederschläge sehr stark höhenabhängig. Ab 1000m über NN gilt die Faustregel: je Höhenmeter nimmt die Jahresniederschlagssumme um 1mm zu.

Die Verteilung der Niederschläge über das Jahr hinweg ist abhängig von der Region. Im Norden und im Binnenland beispielsweise ist beim Vergleich der Monatssummen eine deutliche Spitze im Sommer erkennbar, d.h. in den Sommermonaten fällt mehr Niederschlag, als im Winter. Den Tiefpunkt bilden die Monate März und April. Im Mittelgebirge hingegen hat man auch im Winter ein hohes Angebot an Niederschlag, das sogar die Monatssumme der regenreichsten Sommermonate übertreffen kann. Wenig Niederschlag gibt es im Mittelgebirge hingegen im April/Mai und im September.

2.3 Wassereinsparungsmöglichkeiten

Der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch in einem Haushalt in Deutschland beträgt etwa 150 Liter Trinkwasser pro Person und Tag. Dieser Verbrauch läßt sich durch geeignete Maßnahmen auf bei zu weniger als 60 Liter pro Tag reduzieren. Dazu sind zwei Schritte notwendig (s. Abbildung 1).

Der erste Schritt sind generelle Trinkwassereinsparungen. Bevor über die teilweise Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser nachgedacht wird, sollten immer zuerst die

Wassereinsparmöglichkeiten ausgeschöpft werden. Denn allein schon dadurch läßt sich der jährliche Trinkwasserverbrauch in einem Durchschnittshaushalt um ca. 1/3 verringern.

Bei den generellen Trinkwassereinsparungen lassen sich kostenlose von zumeist kostengünstigen Maßnahmen unterscheiden.

Kostenlose Maßnahmen ergeben sich allein durch den bewußten Umgang mit Trinkwasser. Dazu gehört beispielsweise das weniger weit Öffnen des Wasserhahns, sowie das Abdrehen des Wasserhahns beim Zähneputzen oder Händewaschen. Tropfende Wasserhähne sind eine weitere Quelle unnötiger Trinkwasserverschwendung.

Durch die Vermeidung von Waschgängen mit nur wenigen Wäscheteilen kann ebenfalls eine Verringerung des Wasserverbrauchs der Waschmaschine erzielt werden. Einen sehr großen Trinkwasserverbrauch haben die grünen Rasenflächen „englischer Gärten“, wofür nicht wenige Gartenbesitzer im Sommer unnötig viel Trinkwasser verschwenden.

Die übrigen Maßnahmen zur Trinkwassereinsparung sind meist sehr kostengünstige Maßnahmen. Dazu zählen vor allem der Einbau spezieller Armaturen, bzw. durchflußvermindernde Aufsätze für Wasserhähne, Dichtungen für tropfende Wasserhähne, sowie Spartasten oder andere Maßnahmen, welche die Spülmenge bei Toiletten reduzieren. Als Maßnahmen zur Reduzierung der Spülmenge sei hier vor allem der „starre“ Druckknopf am Toilettenspülkasten erwähnt. Dieser „starre“ Druckknopf entsteht, wenn der Hebel im Toilettenspülkasten beispielsweise durch Draht zu einem starren Gestänge wird (diese Arbeit kann jeder handwerklich ein wenig begabte Mensch selbst ausführen). Der „starre“ Druckknopf kann dann zum Unterbrechen der Spülung von Hand nach oben gezogen werden kann.

Nachdem in einem ersten Schritt alle generellen Einsparmaßnahmen durchgeführt wurden, kann in einem zweiten Schritt über eine weitere Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs durch die teilweise Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser nachgedacht werden.

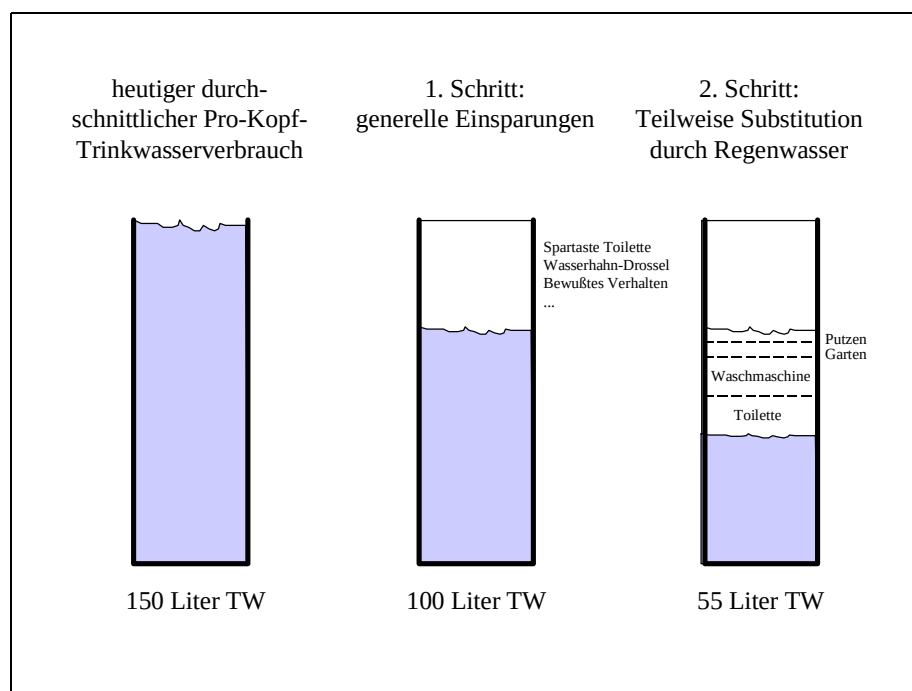


Abbildung 1: Täglicher Trinkwasserverbrauch und Einsparmöglichkeiten

2.4 Verwendung von Regenwasser im Haushalt

Die Verwendung von Regenwasser im Haus bedingt immer die Installation eines separaten Wasserleitungsnetzes im Gebäude, an das alle Verbraucher, die für die Nutzung von Regenwasser vorgesehen sind angeschlossen werden. Dabei sind auf jeden Fall alle rechtlichen (AVBWasserV und Trinkwasser-Verordnung), technischen (DIN1988 und DIN 1986) und auch örtliche (örtliche Satzungen, Genehmigung, ...) Vorschriften einzuhalten. Einen guten Überblick über die einzuhaltenden Vorschriften, technische Regeln und Normen gibt /König, 1996/.

2.4.1 Toilettenspülung

Die Verwendung von Regenwasser zur Toilettenspülung ist völlig unbedenklich, da für die WC-Spülung selbst Wasser mit geringerer Qualität als Regenwasser ausreichend ist. Die Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser ist in diesem Bereich besonders sinnvoll, da der Verbrauch für die WC-Spülung in der Regel unabhängig von der Jahreszeit ist, und somit ein sehr kontinuierlicher Verbraucher zur Verfügung steht, der für eine ständige Entnahme aus der Regenwasserzisterne sorgt.

Für den Wasserverbrauch von Toiletten liegen sehr unterschiedliche Ergebnisse vor. Eigene Untersuchungen zufolge liegt der Verbrauch für die Toilettenspülung in Haushalten zwischen 25 und 45 Liter pro Tag. Werktätige Personen benötigen an Werktagen weniger, als Personen die den ganzen Tag zu Hause sind. Am Wochenende ist der Verbrauch der beiden Personengruppen gleich. Die eigens ermittelten Verbräuche liegen den mitgelieferten Toilettenverbrauchsprofilen zugrunde.

Nach der Literatur /Königs, 1995/ benötigen ältere Spülkästen etwa 9 Liter Wasser pro Spülung. Spülkästen mit Spartaste verbrauchen 6 bis 9 Liter pro Spülung (seit 1991 nur noch 6 Liter). Der Verbrauch bei Druckspülern lag vor 1985 bei 6 bis 14 Liter, nach 1985 bei 6 bis 9 Liter pro Spülung. Der Tagesverbrauch ergibt sich aus der Häufigkeit der Nutzung.

2.4.2 Waschmaschine

Moderne Waschmaschinen verbrauchen zwischen 30 und 50 Liter pro Waschgang. Ältere sogar bis zu 70 Liter. Daher kann die Regenwassernutzung in Waschmaschinen erheblich zur Reduzierung des Trinkwasserbedarfs beitragen. Regenwassernutzung in Waschmaschinen hat neben der Trinkwassereinsparung den Vorteil, daß der Waschmaschine nur kalkfreies Wasser zugeführt wird, wodurch die Verkalkung der Heizstäbe verhindert und gleichzeitig der Bedarf an Waschmittel gesenkt wird.

Sehr oft werden Bedenken wegen einer angeblich höheren Keimbelastung von Regenwasser aufgeführt. Bei dunkler und kühler Lagerung des Regenwassers (in einer unterirdischen Zisterne) kann es zu keiner wesentlichen Keimbildung kommen. Vergleichende Studien /Holländer, 1993/ haben gezeigt, daß mit Regenwasser und mit Trinkwasser gewaschene Wäsche im Trockenzustand den gleichen Keimgehalt aufweist. Krankmachende Bakterien wurden bei diesen Studien nicht gefunden.

2.4.3 Putzen

Regenwasser lässt sich im Haushalt auch zum Putzen von Stein- und Fliesenböden oder ähnlichem verwenden. Wird ein normaler Putzeimer mit 10 Liter gerechnet und für eine Reinigung zwei Eimer benötigt, so ergibt sich nochmals etwas über 1.000 Liter Trinkwasser pro Haushalt, die durch die Verwendung von Regenwasser eingespart werden können.

2.5 Verwendung von Regenwasser in Gewerbe und Industrie

2.5.1 Toilettenspülung

Auch in Gewerbebetrieben, Verwaltungsgebäuden, der Industrie und sogar in öffentlichen Toiletten kann Regenwasser für die Toilettenspülung eingesetzt werden. Beispiele dafür sind der Flughafen Frankfurt oder auch mehrere Verwaltungsgebäude in der Stadt Hamburg (/Königs, 1995/). Der Verbrauch von Urinalen und öffentlichen Toiletten ist jedoch ein anderer, wie der in der Toilettenspülung eines Wohnhauses. Beispielsweise weist der Verbrauch in Gewerbebetrieben deutliche Spitzen nach der Vesper und nach der Mittagszeit auf, während nachts und am Wochenende kein/kaum Wasser verbraucht wird. Ansonsten sind Toilettenspülungen auch in Gewerbe und Industrie diejenigen regelmäßigen Verbraucher über das Jahr, welche die Rentabilität einer Regenwassernutzungsanlage wesentlich erhöhen. /Königs, 1995/ führt in seinem Buch detaillierte Messungen über den Verbrauch von Toilettenspülungen und Urinalen auf.

2.5.2 Wasserintensive Prozesse, Reinigungszwecke und Sonstiges

Regenwasser eignet sich hervorragend für alle wasserintensiven Prozesse in der verarbeitenden Industrie und Gewerbe, die keine Trinkwasseranforderung haben. Beispielsweise lässt sich Regenwasser in LKW-Waschanlagen oder auch zum Kühlen verwenden (s. König, 1996/).

Wie im Haushalt kann Regenwasser auch in der Industrie und im Gewerbe zu allen Arten von Reinigungszwecken benutzt werden, die ebenfalls keine Trinkwasseranforderung haben.

In einigen Kommunen werden Abgaben für versiegelte Flächen erhoben. Für Betriebe mit größeren versiegelten Fläche kann dies zu einem nicht unwesentlichen Kostenfaktor werden. Eine (teilweise) Befreiung von den Abgaben kann oftmals durch den Einbau von Regenwasseranlagen erzielt werden. Wird zudem noch die Einsparung durch den verringerten Trinkwasserbedarf mitgerechnet, so hat sich die Regenwasseranlage innerhalb kurzer Zeit amortisiert.

2.6 Verwendung von Regenwasser im Garten und zur Bewässerung von Grünanlagen

Die Bewässerung von Garten- und Grünflächen ist schon heute die größte und am meisten akzeptierte Anwendung für die Regenwassernutzung. Häufig sind dazu in den Gärten Regentonnen aufgestellt, in denen Regenwasser von Dachflächen zu Gießzwecken gesammelt wird.

Bewässert wird ein Garten typischerweise an warmen, trockenen Tagen vom Frühjahr bis in den Herbst. Zum Gießen eines 100 m² großen Gartens werden jährlich etwa 10 bis 12 m³ Wasser benötigt. Durch die Verwendung von Regenwasser, das in zwei Regentonnen á 200 Liter gesammelt wird, können dabei jährlich zwischen 7 und 9 m³ Trinkwasser eingespart werden. In einer Trockenperiode können die Regentonnen innerhalb von zwei bis drei Tagen leer sein. Durch die Verwendung einer Regenwassernutzungsanlage mit einer größeren Zisterne ist auch im Sommer die Überbrückung einer bis zu zweiwöchigen Trockenperiode möglich.

Die durchschnittlichen spezifischen Bewässerungsmengen an einem warmen Sommertag sind abhängig von der Art der zu bewässernden Fläche. Grob kann unterschieden werden in Bewässerung von Grünanlagen, Bewässerung von Gemüsegarten und Bewässerung von Blumenbeeten. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die durchschnittlich benötigte Wassermenge zur Bewässerung von Garten und Grünflächen.

Bewässerte Fläche	Durchschnittliche Bewässerungsmenge an einem warmen Sommertag (ohne Vortagesregen)
Grünfläche (Rasen)	0,5 – 1,0 Liter / (m ² , Gießtag)
Gemüsegarten	1,0 – 2,0 Liter / (m ² , Gießtag)
Blumenbeet	1,0 – 2,0 Liter / (m ² , Gießtag)

Tabelle 1: Wassermenge für die Bewässerung von Garten- und Grünflächen

Bei der Grünflächenbewässerung soll vor allem auch die Bewässerung von Sportanlagen mit Rasenflächen oder die Bewässerung von Tennisplätzen erwähnt werden. Für deren hohen Wasserverbrauch eignet sich Regenwasser bestens. Umfangreiche Beispiele hierfür finden sich in /König, 1996/. Die Trinkwassereinsparung der in /König, 1996/ aufgeführten Beispiele liegen bei bis zu 200 m³ pro Jahr.

2.7 Möglichkeiten der Regenwassernutzung nach Sektoren

Eine Übersicht über einige Möglichkeiten der Regenwassernutzung nach den verschiedenen Sektoren: Haushalt, Kleinverbraucher (Gewerbebetriebe, öffentliche Gebäude, ...) und Industrie, sowie der Art der Verbraucher (regelmäßige oder zufällige Verbraucher) gibt die nachfolgende Tabelle.

	Regelmäßige Verbraucher		Zufällige Verbraucher		Sonstiges
	Werktag	Wochen- endtag	Werktag	Wochen- endtag	
Haushalt					
Toilette	X	X			
Waschmaschine			X	X	
Gartenbewässerung					X
Gießen (im Gebäude)			X	X	
Putzen			X	X	
Kleinverbraucher					
Toilette	X				
Grünflächenbewässerung					X
Putzen / Reinigen	X				
Gießen (im Gebäude)			X		
Industrie					
Toilette	X				
Waschanlagen (Bsp. LKW)			X		
Grünflächenbewässerung					X
Putzen / Reinigen	X				
Kühlwasser	X				
Betonherstellung	X				

Tabelle 2: Möglichkeiten der Regenwassernutzung nach Sektoren und Art der Verbraucher

3 Beschreibung einer Regenwasseranlage

3.1 Regenauffangfläche (Dach)

3.1.1 Die Auffangfläche

Die Regenauffangfläche ist diejenige Fläche, auf welcher die Niederschläge gesammelt und dann über Filter dem Regenwasserspeicher zugeführt werden. In den meisten Fällen handelt es sich bei der Regenauffangfläche um das Dach eines Gebäudes. Dieses liefert das qualitativ beste Regenwasser. Jede andere versiegelte Fläche, wie beispielsweise ein geteilter Hof, kann nach der obigen Definition ebenfalls eine Regenauffangfläche sein, wenn der dort niedergehende Niederschlag zur Weiterverwendung in einer Zisterne gesammelt wird.

Typische Regenauffangflächen sind Schrägdächer mit Beton-Dachsteinen oder Ziegeln, sowie Flachdächer mit Kiesschüttung.

3.1.2 Qualität des Regenwassers

Nach einer längeren Trockenperiode sammeln sich auf den Auffangflächen Staub und Pollen, sowie andere gröbere Schmutzpartikel, welche bei einsetzendem Regen von der Auffangfläche gespült werden und in den Filter gelangen. Staub und Pollen werden von den üblichen Regenwasserfiltern nicht zurückgehalten. Sie gelangen mit dem Regenwasser in den Regenwasserspeicher. Bei genügend geringen Strömungsgeschwindigkeiten findet im Regenwasserspeicher eine physikalische, chemische und biologische Selbstreinigung des Regenwassers statt. Erwähnt sei hier vor allem der Prozeß der Sedimentation („Absetzen von Sink- und Schwebstoffen in ruhendem Wasservolumen am Zisternenboden“ /König, 1995/, siehe auch Abschnitt 3.3.2).

Sofern keine starke Verschmutzung der angeschlossenen Regenauffangflächen vorliegt, kann auch die zu Beginn eines Niederschlags anfallende Regenmenge ohne Probleme dem Regenwasserspeicher zugeführt werden.

Das von einem Dach aufgefangene Regenwasser ist von seiner Qualität her in der Regel im Haushalt unbedenklich. Es ist fast immer für die Bewässerung von Garten und Grünflächen geeignet. Ebenso eignet es sich hervorragend für die Toilettenspülung, für Waschmaschinen und zum Putzen.

Problematisch sind begrünte, sowie ältere geteerte oder bituminierte Dächer. Während der warmen Jahreszeit kann es auf den beiden zuletzt genannten Auffangflächen zur Auslösung von Farb- und Geruchsstoffen kommen, welche zu einer bräunlichen Färbung des Wassers und Geruchsbildung führen. Der Abfluß von begrünten Dächern kann eine unerwünscht hohe Konzentration an Nährstoffen enthalten, was zu einer Keimvermehrung in der Zisterne führen kann.

3.1.3 Minderung des Regenertrages

Die Dachabflußmenge ist geringer als der Regenertrag der Regenauffangfläche. Gründe für einen verminderten Regenertrag sind: Benetzungsverluste der Oberfläche, Mul-

denverluste (d.h. die Regenmenge, die benötigt wird um Vertiefungen in der Oberfläche zu füllen), sowie die Verdunstung. Berücksichtigt wird die verminderte Abflußmenge in dem Verhältnis von Abflußmenge zu Regenertrag. Dieser Quotient wird als Abflußbeiwert der Regenauffangfläche bezeichnet.

Abflußbeiwerte werden üblicherweise als mittlere jährliche Abflußbeiwerte angegeben. Sie sind sehr stark von der Oberflächenbeschaffenheit der Auffangfläche abhängig. Dabei variieren sie zwischen 0,1 bei bestimmten begrünten Flachdächern bis zu 0,8 bei gepflasterten Flächen. Ziegelschrägdächer liegen bei einem jährlichen Abflußbeiwert von ungefähr 0,75, d.h. diese Dächer halten somit ca. 25% des Niederschlages zurück.

/Schmidt, 1986/ hat ausführliche Messungen von Abflußbeiwerten gemacht und stellt für einige ausgewählte Auffangflächen mit bestimmten Neigungen Formeln zur Verfügung, mit denen der tägliche Abflußbeiwert bestimmt werden kann.

3.2 Regenwasserfilter

Regenwasserfilter dienen zur Grob- bis Feinfiltration der auf der Regenauffangfläche gesammelten Wassermenge. Sie verhindern das Eindringen von großen Schmutzpartikel, wie beispielsweise Laub in den Regenwasserspeicher.

Man unterscheidet zwischen zentralen und dezentralen Filtern. Dezentrale Filter werden direkt in die Regenfallrohre eingebaut, d.h. für jedes an den Regenwasserspeicher angeschlossene Regenfallrohr ist ein separater Filter vorzusehen. Zentrale Filter hingegen werden kurz vor dem Zulauf in den Regenwasserspeicher eingebaut. Sie filtern das gesamte Regenwasser aus allen angeschlossenen Regenfallrohren.

Fast allen Regenwasserfiltern gemeinsam ist eine Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Dachabflußmenge (= Filterzuflußmenge). Der Wirkungsgrad eines Regenwasserfilters ist das Verhältnis von Filterabfluß- zu Filterzuflußmenge. Bei vielen Filtern ist für zunehmende Zuflußmenge eine Abnahme des Wirkungsgrades zu beobachten (s. Abbildung 2). Der Wirkungsgrad eines Filters wird, wie in Abbildung 2 dargestellt, durch ein Wirkungsgradprofil beschrieben, das meist bei den Filterherstellern erhältlich ist. Oftmals werden von den Anbietern von Regenwasserfiltern jedoch nur Angaben über den mittleren Wirkungsgrad, bzw. den Wirkungsgradbereich eines Filters gemacht (s. Tabelle 3).

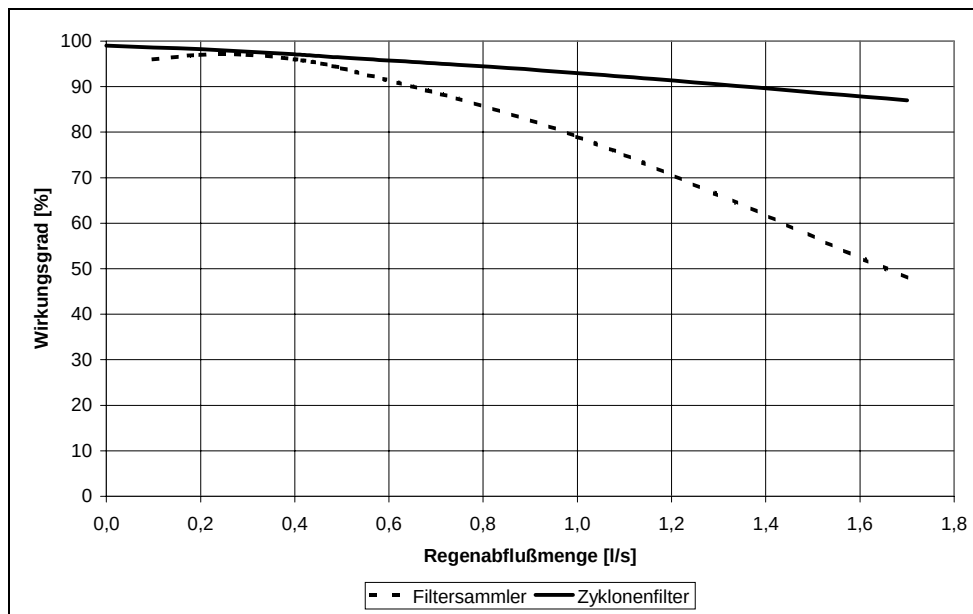


Abbildung 2: Filterwirkungsgrade (nach /WILO, 1995/)

Eine Übersicht über die gängigen am Markt verfügbaren Regenwasserfilter und ihre mittleren Wirkungsgrade bzw. Wirkungsgradbereiche gibt die nachfolgende Tabelle.

	Filtertyp / -name	Wirkungsgradbereich [%]
Dezentrale Filter	Filtersammler (WAGNER)	90 – 95 %
	Filtersammler (WISI)	60 – 100%
	„Regendieb“ (GRAF)	80 – 95 %
Zentrale Filter	Duofilter (ELWA)	ca. 100 %
	Kompaktfilter	80 – 99 %
	Wirbelfilter (WISI)	90 – 100 %
	Filterplatte für Betonzister- nen (MALL BETON)	ca. 100 %
	Filterschacht (MALL BETON)	ca. 100 %

Tabelle 3: Übersicht - Filter und Filterwirkungsgrade

3.3 Regenwasserspeicher (Zisterne)

3.3.1 Regenwasserspeicher

Der Regenwasserspeicher bzw. die Zisterne ist das zentrale Element einer Regenwassernutzungsanlage. Die Zisterne dient zur Bevorratung des gesammelten Regenwassers. Regenwasserspeicher gibt es zumeist als erdbedeckte Außenspeicher, oder als Innenspeicher. Da gesammeltes Regenwasser aus Gründen der Hygiene dunkel und kühl gelagert

werden muß, ist als Aufstellungsort für einen Innenspeicher der Keller eines Gebäudes zu wählen. Bei erdbedeckten Außenspeicher ergibt sich diese Anforderung von alleine.

Erdbedeckte Außenspeicher gibt es als Kunststoff- (PE, GFK), Metall- (Stahl) und Betonspeicher. Da zur Aufstellung eines erdbedeckten Regenwasserspeichers Erdaushubarbeiten notwendig sind, ist der Einbau eines solchen Speichers immer dann besonders empfehlenswert, wenn sowieso Aushubarbeiten, wie beispielsweise bei einem Neubau, anstehen. Nachfolgend eine kurze Beschreibung der verschiedenen erdbedeckten Außenspeicher:

- **Erdbedeckte Kunststoffspeicher:** Speicher aus PE sind in der Regel nicht befahrbar. Verfügbare Speichergrößen sind 1 bis maximal 12 m³. Die Kosten für einen Kunststoffspeicher liegen zwischen 600 und 900 DM/m³.
- **Erdbedeckte Stahlspeicher:** Stahlspeicher sind statisch belastbarer als Kunststoffspeicher und daher auch befahrbar erhältlich. Geliefert werden Stahlspeicher bis zu einem Volumen von 100m³. Wichtig ist, daß Stahlspeicher einen zusätzlichen Korrosionsschutz benötigen. Die Kosten für einen Stahlspeicher liegen zwischen 450 und 750 DM/m³.
- **Erdbedeckte Betonspeicher:** Ebenso wie Stahlspeicher sind auch Betonspeicher befahrbar erhältlich. Betonspeicher werden zumeist vor Ort aus Fertigteilelementen zusammengesetzt. Spezielle Fertigteilelemente ermöglichen nahezu beliebig große Betonspeicher. Die Kosten für einen Betonspeicher liegen zwischen 300 und 650 DM/m³.

Innenspeicher aus Kunststoff werden, wie oben genannt, zumeist in Kellerräumen aufgestellt. Anwendung finden Kunststoffspeicher des öfteren beim nachträglichen Einbau einer Regenwassernutzungsanlage oder als Zwischenspeicher. Die Kosten für einen Kunststoffspeicher zur Kelleraufstellung liegen zwischen 600 und 1.100 DM/m³. Verfügbar sind Speicher mit einem Volumen von 0,75 bis 2 m³. Größere Speichervolumen lassen sich durch Zusammenschalten von mehreren Speichern erzielen.

Eine Aufstellung des Regenwasserspeichers im Dachraum ist aus statischen Gründen zumeist problematisch. Außerdem ist ein Dachraum im Sommer normalerweise nicht unbedingt kühl. Obwohl bei Regenwasserspeichern im Dachraum der Speicher über den Verbrauchern liegt, kann bei bestimmten Verbrauchern (Waschmaschine) aufgrund des zu geringen Leitungsdrucks nicht auf eine Pumpe verzichtet werden (1 bar = 10,2 m Wassersäule).

3.3.2 Selbstreinigung der Zisterne durch Sedimentation

Als Sedimentation wird ein Vorgang im Speicher bezeichnet, bei dem Schweb- und Sinkstoffe zum Boden der Zisterne sinken und sich dort als Sediment ansammeln. Dieser Prozeß trägt zur natürlichen Selbstreinigung des in der Zisterne gesammelten Regenwassers bei.

Am Boden der Zisterne sammelt sich im Laufe der Zeit eine Sedimentationsschicht an, die eine vollständige Entnahme des Regenwassers aus der Zisterne verhindert. Die Entnahme erfolgt daher meist nur bis zu einem minimalen Füllstand der Zisterne. Wird dieser minimale Füllstand in der Zisterne unterschritten muß Trinkwasser in das Regenwassernetz nachgespeist werden.

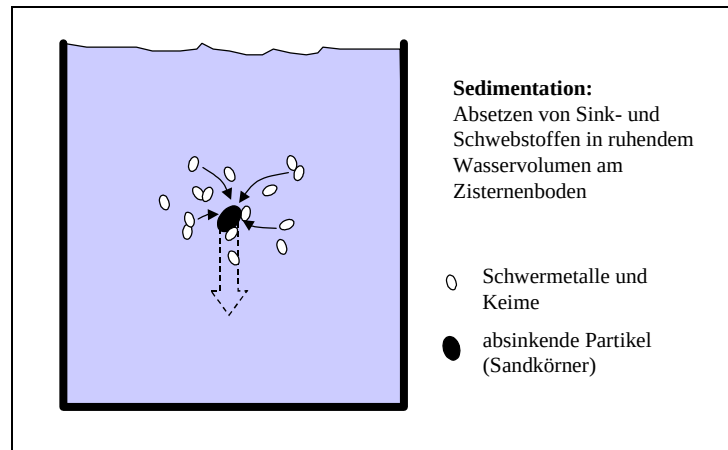


Abbildung 3: Sedimentation als selbsttätiger Reinigungsvorgang (nach /König, 1995/)

3.3.3 Speicherüberlauf

Ist die Zisterne beinahe voll und weist somit ein geringes Aufnahme- und damit auch Regenrückhaltevolumen auf, oder gibt es einen lang anhaltenden starken Niederschlag so kann die Zisterne überlaufen. Aus diesem Grund ist jede Zisterne mit einem Überlauf versehen, der entweder an die Kanalisation oder an einen Versickerungsschacht angeschlossen ist. Aus Gründen der Verringerung von Abflußspitzen bei starken Niederschlägen und der Rückführung des Wassers in den natürlichen Wasserkreislauf ist die Versickerung vorzuziehen.

Bei der Versickerung von überlaufendem Regenwasser kann unterschieden werden in: Flächenversickerung, Muldenversickerung, Rigolenversickerung, Rohrversickerung und Schachtversickerung. Entscheidend für die Versickerung ist die Beschaffenheit des Bodens, sowie der örtliche Grundwasserspiegel.

Am besten geeignet sind sandige Böden. Sie weisen eine hohe Wasserdurchlässigkeit auf. Sehr schlecht geeignet sind tonhaltige Böden. Der Einsatz der verschiedenen Versickerungsarten ist außerdem maßgeblich vom mittleren Grundwasserstand unter dem Gelände abhängig. Je nach Versickerungsart muß dieser zwischen 1,0 und 2,2 m liegen (s. /König, 1996/).

Ist keine Versickerung möglich, so muß das überlaufende Regenwasser in die Kanalisation eingeleitet werden. In rund 80% der Fälle in Deutschland entspricht dies einer Einleitung in die Mischkanalisation. In den restlichen 20% gibt es eine getrennte Kanalisation für Regenwasser und Abwasser.

Beim Überlauf in die Kanalisation ist zu beachten, daß wenn der Überlauf unterhalb des Straßenkanaldeckels liegt, die Gefahr einer Verschmutzung durch rückstauendes Abwasser aus der Kanalisation bestehen kann. In einem solchen Fall empfiehlt sich der Einbau eines Rückstauverschlusses oder eine Hebeanlage, was allerdings mit erhöhten Anlagenkosten verbunden ist.

Beim Kanalisationsanschluß empfiehlt sich zum Schutz vor der Einwanderung von Ratten der Einbau von PE-Ablaufrohren mit einem speziellen Edelstahl-Einsatz. Achtung: Die Verwendung von einfachen Gittern kann zur Verstopfung des Überlaufs führen!

Beim Anschluß an die Kanalisation sollte ein Siphon als Geruchsverschluß gegenüber Kanalisation eingebaut werden.

3.4 Hausstation (Pumpe und Trinkwassernachspeisung)

3.4.1 Pumpe

Jede Regenwasseranlage benötigt eine Pumpe zum Fördern des Wassers aus der Zisterne. Einfache Anlagen, die nur zur Gartenbewässerung benutzt werden kommen mit einer handbetriebenen Pumpe aus. Regenwasseranlagen, die auch zur Substitution von Trinkwasser im Gebäude genutzt werden brauchen eine elektrische Pumpe.

Bei den Elektropumpen kann grundsätzlich in Saug- und Druckpumpen unterschieden werden. Druckpumpen befinden sich am Boden der Zisterne und „drücken“ das benötigte Regenwasser nach oben (Tauchpumpe). Saugpumpen hingegen befinden sich außerhalb der Zisterne und saugen das Regenwasser an. Aus energetischer Sicht sind Druckpumpen effektiver als Saugpumpen, jedoch sind die Investitionskosten einer Druckpumpe höher. Daher finden sich in Regenwasseranlagen im Einfamilienhaus-Bereich sehr viele Saugpumpen. Diese sind in diesem Bereich sehr häufig in der Hausstation / Hauswasserwerk integriert. In der Industrie und bei Kleinverbrauchern (Gewerbe, öffentliche Gebäude) sind hingegen Druckpumpen verbreitet.

3.4.2 Trinkwassernachspeisung

Im Falle einer längeren Trockenperiode oder aufgrund eines zeitweilig erhöhten Regenwasserverbrauchs kann in der Zisterne der minimale Füllstand unterschritten werden, d.h. die Zisterne ist leer. Tritt dieser Fall ein, so kann aus der Zisterne kein Regenwasser mehr entnommen werden und es muß eine Nachspeisung mit Trinkwasser erfolgen.

Für die Nachspeisung von Trinkwasser in die Regenwassernutzungsanlage gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Die erste ist die Nachspeisung einer bestimmten Menge von Trinkwasser in die Zisterne. Von dieser Möglichkeit ist man heute aber weitgehend abgekommen, da bei einem eventuellen Regenschauer nach der erfolgten Nachspeisung unnötig viel Trinkwasser nachgespeist wurde. Außerdem muß eine zusätzliche Trinkwasserleitung an die Zisterne geführt werden.. Die zweite Möglichkeit ist die Einspeisung von Trinkwasser in der Hausstation. Dabei wird das Trinkwasser nach Bedarf über einen freien Auslauf in das Regenwassernetz eingespeist. Diese Art der Trinkwassernachspeisung ist eine bedarfsgerechte Nachspeisung von Trinkwasser, da immer nur soviel nachgespeist wird, wie auch tatsächlich benötigt wird.

Bei größeren Regenwassernutzungsanlagen werden häufig Zwischenspeicher verwendet, in welche die Nachspeisung erfolgt.

Eine Einspeisung von Regenwasser in das Trinkwassernetz muß unbedingt vermieden werden. Daher ist bei allen Arten von Nachspeisung unter allen Umständen darauf zu achten, daß keine direkte Verbindung zwischen dem Trinkwasser- und dem Regenwassernetz hergestellt wird! Im Falle einer Nachspeisung in den Speicher muß daher der Einlauf für die Trinkwasserspeisung oberhalb des Speicherüberlaufes liegen. Bei der Nachspeisung in der Hausstation muß die Nachspeisung nach DIN 1988 als ein freier Auslauf gestaltet sein.

3.4.3 Stromverbrauch

Der hauptsächliche Stromverbraucher einer Regenwassernutzungsanlage ist/sind die Pumpe(n). Ein bißchen Strom braucht auch das Magnetventil in der Hausstation über das die Nachspeisung gesteuert wird.

Betrachtet man die Wirtschaftlichkeit einer Regenwassernutzungsanlage, so dürfen die Stromkosten für die Pumpe(n) nicht außer acht gelassen werden. Bei der Auswahl der Pumpe(n) ist darauf zu achten, daß die Pumpe(n) nicht zu groß dimensioniert ist/sind, da dies zu einem erhöhten Strombedarf führt.

3.5 Regenwassernetz und Entnahmestellen

Das Leitungsnetz innerhalb eines Gebäudes, in welchem das Regenwasser von der Pumpe zu den Entnahmestellen transportiert wird, wird in der Regel aus Edelstahl- oder Kunststoffrohren gefertigt. Im Prinzip sind alle Materialien geeignet, die auch zum Bau von hausinternen Trinkwassernetzen Verwendung finden. Um jedoch Verwechslungen zwischen dem Trinkwasser- und dem Regenwassernetz auszuschließen, sollten die beiden Verteilungsnetze aus unterschiedlichen Materialien bestehen.

Da Regenwasser nach DIN 1988 unverständlicherweise in die „Gefahrenklasse 5“ eingruppiert wurde, darf es auf gar keinen Fall eine direkte Verbindung zwischen dem Regenwasser- und Trinkwassernetz geben. Besonders zu beachten ist diese Vorschrift bei der Gestaltung der Nachspeisung (s. Abschnitt 3.4.2).

Alle Entnahmestellen müssen nach DIN 4844 Teil 1 mit einem Schild: „Kein Trinkwasser“ gekennzeichnet werden. Frei zugängliche Entnahmestellen sollten zudem mit einem abnehmbaren Steckschlüssel gesichert sein. Alternativ können auch abschließbare, mit einem Sicherheitsschloß versehene Entnahmeventile verwendet werden.

4 Grundlagen der Simulation

4.1 Allgemeines

4.1.1 Modellbildung technischer Systeme

Die Modellbildung von technischen Systemen ist immer verbunden mit einer vereinfachten Abbildung realer Systeme und Vorgänge auf ein mathematisches Modell. Vereinfachungen sind notwendig, da ein Modell niemals alle Einflüsse auf das reale System berücksichtigen kann.

Zu berücksichtigen sind mehrere Eigenschaften von Modellen:

- Modelle beschreiben nur einen Ausschnitt der Welt.
- Modelle haben beschränkte Gültigkeit, d.h. Modelle werden an bestimmte Fragestellungen angepaßt.
- Modelle sind nicht wahr, aber brauchbar. Modelle sind um so brauchbarer, je genauer das System und die Einflüsse auf das System modelliert wurden.
- Modelle sind nicht richtig, aber nützlich. Hierfür gilt dasselbe, wie für die Brauchbarkeit von Modellen.
- Modelle benötigen Eingabedaten. Die Eingabedaten zusammen mit dem Modell ergeben die Ergebnisse einer Modellrechnung. Die Ergebnisse können daher nur so gut sein, wie die Daten und Modell.
- Modellergebnisse benötigen eine Interpretation.

Die Qualität der Ergebnisse einer Modellrechnung (Simulation) ist um so höher, je besser das mathematische Modell an die Fragestellung angepaßt wird und je besser die zur Verfügung gestellten Eingabedaten sind.

Im Simulationsprogramm RAINWATER ist die in diesem Kapitel beschriebene Modellstruktur enthalten. Die Eingabe der Eingabedaten erfolgt durch den Anwender. Dadurch hat der Anwender einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Qualität der Ergebnisse.

4.1.2 Physikalisches und mathematisches Modell

Das physikalische und teilweise auch das mathematische Modell, welches der Simulation zugrunde liegt, wird in diesem Kapitel beschrieben.

Die Schrittweite der Simulationsrechnung entspricht der Bilanzierungsperiode. Gewählt werden kann eine stündliche bzw. eine tägliche Berechnung der Bilanzgleichungen.

Das physikalische Modell besteht aus den Komponenten: Klima, Regenauffangfläche, Filter, Primärspeicher, optionaler Zwischenspeicher, Hausstation und Verbraucher. Zusätzlich gibt es eine Komponente für die Wirtschaftlichkeitsberechnung. Die zur Verfügung stehenden Komponenten erlauben die Abbildung einer realen Regenwassernutzungsanlage unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflüsse auf die Funktionsweise der Anlage.

Aufbauend auf diesen Komponenten sind zwei Modelle einer Regenwassernutzungsanlage wählbar. Dabei wird unterschieden in eine Anlage mit Primärspeicher und eine Anlage mit zusätzlichen Zwischenspeicher.

4.1.3 Ergebnisse der Simulationsrechnung

Die Ergebnisse sind um so brauchbarer, je genauer ein Modell die Realität abbildet und je besser die Qualität der Eingabedaten.

Da Simulationsergebnisse einer Interpretation bedürfen, stehen verschiedene Auswertungshilfsmittel zur Verfügung. Zum einen kann ein Gesamtergebnis der Simulation erstellt werden. Dazu werden die wichtigsten Eingabeparameter der Anlage (gesamte Regenauffangfläche, Zisternengröße und Verbrauch in Haus und Garten), die eingesparte Trinkwassermenge, sowie der Filter- und der Anlagenwirkungsgrad ausgerechnet und im Ergebnisformular dargestellt.

Zusätzlich dazu kann ein ökonomisches Ergebnis erstellt werden, in welchem alle wichtigen ökonomischen Parameter, sowie die Amortisationsdauer der Regenwasseranlage aufgeführt sind.

4.2 Das Klimamodul

Das Klimamodul ermittelt die während der Bilanzierungsperiode (täglich/stündlich) anfallende Niederschlagsmenge [mm/m²] und stellt diese dem Modul Regenauffangfläche zur Verfügung.

4.2.1 Die Klimadatensätze

Das Klimamodul enthält reale Klimadatensätze verschiedener Meßstationen in Deutschland. Der Wetterverlauf dieser Meßstationen repräsentiert den Wetterverlauf verschiedener „Klimaregionen“ Deutschlands. Zur Verfügung stehen Wetterdaten folgender Meßstationen (s. auch Abbildung 9):

Daten-satzNr	Stationsname	Geographische Lage	Höhe über NN [m]	Jahresnieder-schlagsmenge [mm]	Jahresmittel-temperatur [°C]
1	Horneburg	53° 31' N, 9° 35' E	1	845	9,6
2	Berlin-Dahlem	52° 28' N, 13° 18' E	51	589	9,5
3	Lippstadt	51° 38' N, 8° 20' E	84	806	9,8
4	Herbolzheim	49° 17' N, 9° 16' E	200	750	10,1
5	Schönau	50° 23' N, 10° 06' E	320	800	8,4
6	Ansbach	49° 18' N, 10° 32' E	418	708	8,5
7	Wolfach	48° 18' N, 8° 12' E	291	1160	10,1
8	Ebersberg	48° 05' N, 11° 58' E	560	1074	8,2

Tabelle 4: Beschreibung der verfügbaren Klimadatensätze

Jeder Klimadatenatz enthält tägliche Werte der Niederschlagssumme und der Mitteltemperatur für die Jahre 1988 bis 1997. Außerdem enthält jeder Datensatz den langfristigen Mittelwert des Jahresniederschlages, Kurven für die Wahrscheinlichkeit von Nieder-

schlagsstärken für Sommer und Winter, sowie eine Schmelzkurve von Schnee, in Abhängigkeit von der Tagesmitteltemperatur. Die Klimadatenätze wurden mit Daten des Deutschen Wetterdienstes (s. /DWD/) abgeglichen.

4.2.2 Niederschläge - Regen und Schnee

Niederschläge können, abhängig von der Temperatur, in Form von Regen oder in Form von Schnee auftreten. Zu Schneefall kommt es, wenn bei Niederschlag die Temperatur unter 0°C liegt. Schnee verhält sich dabei wie ein temporärer Regenwasserspeicher, der beim Abschmelzen zu einem verzögerten Abfluß des Regenwassers führt (s. Regenauffangfläche).

Aus den Wahrscheinlichkeitsprofilen mit den Niederschlagsstärken wird die tatsächliche Niederschlagsstärke ermittelt. Da in Deutschland die Niederschlagsstärken stark von der Jahreszeit abhängig sind, stehen für Sommer und Winter unterschiedliche Häufigkeitsverteilungen zur Verfügung. Abbildung 4 zeigt beispielhaft eine solche Häufigkeitsverteilung für einen ausgewählten Wetterdatensatz.

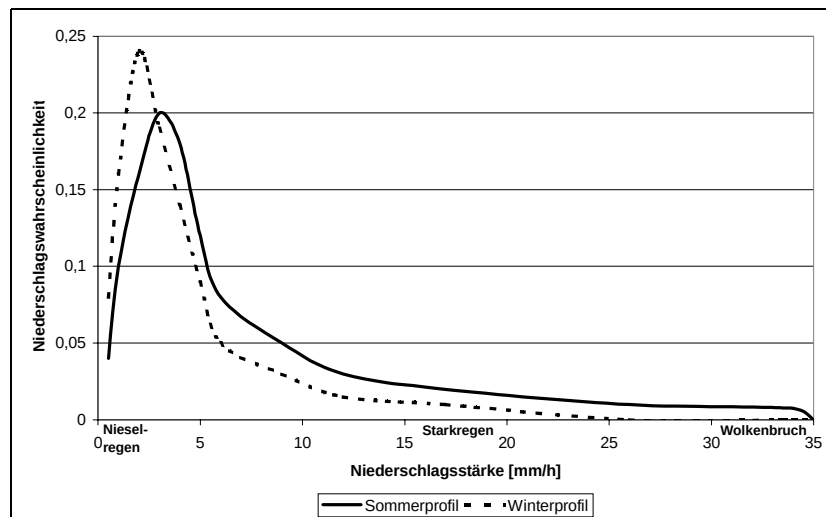


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Niederschlagsstärken in Deutschland

Ein Klimadatenatz repräsentiert eine ganze „Klimaregion“ Deutschlands. Zur Anpassung eines Klimadatenatzes an die tatsächliche Niederschlagsmenge des Standortes der Regenwassernutzungsanlage kann das Niederschlagsprofil mit der dortigen mittleren jährlichen Niederschlagssumme skaliert werden. Das Temperaturprofil ist für die gesamte „Klimaregion“ gültig.

4.3 Das Modul der Regenauffangfläche

Das Modul Regenauffangfläche ermittelt die während der Bilanzierungsperiode anfallende Abflußmenge von der Regenauffangfläche.

4.3.1 Regen und Schnee

Die Regenauffangfläche erhält die Daten über die Art und Menge der Niederschläge aus dem Klimamodul. Dabei kann der Niederschlag in Form von Regen oder Schnee auftreten.

Regen führt, mit einigen im Abflußbeiwert enthaltenen Verlusten, zu einem sofortigen Abfließen der Niederschlagsmenge. Schnee hingegen bildet auf der Auffangfläche einen temporären Regenwasserspeicher. Beim Überschreiten einer bestimmten Temperatur beginnt der Schnee zu schmelzen und vom Dach abzufließen. Die Schmelzmenge ist dabei abhängig von der jeweiligen Tagestemperatur.

4.3.2 Ausrichtung der Regenauffangfläche

Wird für die Regenwassernutzung eine symmetrisch aufgebaute, schräge Regenauffangfläche verwendet, so ist die aufgefangene Niederschlagsmenge nach /Schmidt, 1986/ nahezu unabhängig von der Ausrichtung der Auffangfläche.

Ebenfalls nach /Schmidt, 1986/ kann hingegen bei nicht symmetrischen schrägen Auffangflächen, aufgrund der Windeinflüsse eine Abhängigkeit der jährlichen Niederschlagsmenge von der Ausrichtung der Auffangfläche festgestellt werden (s. Tabelle 5).

Bevorzugte Ausrichtung	Nord	Ost	Süd	West
Abweichung vom Mittelwert	+8,2%	-27,5%	-10,8%	+30,1%

Tabelle 5: Abhängigkeit der Abflußmenge von der Ausrichtung nicht sym. Regenauffangflächen

Bei der Simulation mit nicht symmetrischen Schrägdächern werden diese Einflüsse der Dachausrichtung mit berücksichtigt.

4.3.3 Regenertrag auf der Auffangfläche

Die im Simulationsprogramm benötigte Regenauffangfläche A_R entspricht der auf die Horizontale projizierte Dachfläche A_D (s. Abbildung 5). Im Regelfall kann die Regenauffangfläche jedoch einfach aus der Gebäudegrundfläche plus Dachüberstand ermittelt werden.

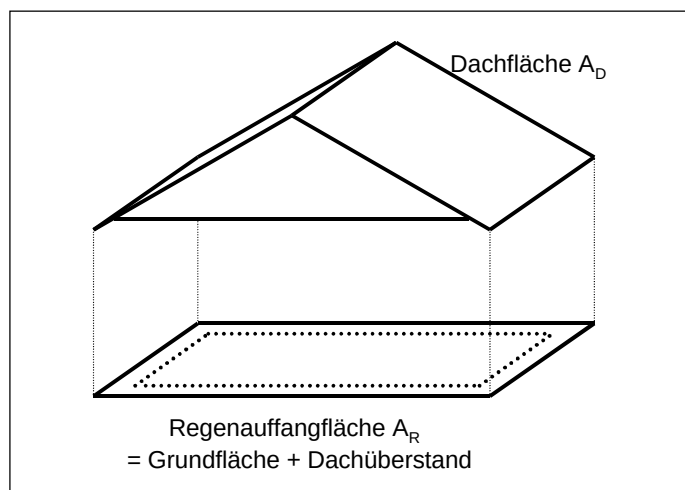


Abbildung 5: Die Regenauffangfläche

Der gesamte Regenertrag der Regenauffangfläche [mm] ergibt sich aus der Multiplikation der stündlichen/täglichen Niederschlagsmenge [mm/m²] mit der Regenauffangfläche [m²].

4.3.4 Minderung des Regenertrags

Der Abflußbeiwert kennzeichnet das Verhältnis von Dachabflußmenge zum Regenertrag. Er berücksichtigt die Verluste durch Benetzung, Verdunstung, Muldenfüllung, usw. Der Abflußbeiwert ist abhängig von der Art der Oberfläche der Regenauffangfläche.

Grundsätzlich kann unterschieden werden in einen mittleren (jährlichen) Abflußbeiwert und den tatsächlichen, täglichen Abflußbeiwert nach /Schmidt, 1986/. Die tatsächlichen Abflußbeiwerte nach Schmidt berücksichtigen die Niederschlagsmenge, den Vortagesniederschlag und die Tagestemperatur. Die Verwendung von Abflußbeiwerten nach Schmidt ermöglicht daher eine viel exaktere Abbildung der Regenauffangfläche, als die Verwendung des mittleren, jährlichen Abflußbeiwertes. Leider liegen nur für fünf verschiedene Auffangflächen Werte vor, die eine Berechnung nach diesem Verfahren ermöglichen. Die Berechnung erfolgt nach:

$$R_t = a + (b_1 + b_2 \cdot \vartheta_t + b_3 \cdot N_t) \cdot N_v + \frac{b_4}{N_t + 1,75}$$

Dabei sind a, b₁, b₂, b₃ und b₄ Regressionskoeffizienten, die in /Schmidt, 1986/ für fünf verschiedene Dächer angegeben sind (s. Tabelle 6). R_t ist der Tagesabfluß des Daches (=Dachabflußmenge), N_t die Tagesniederschlagsmenge und N_v berücksichtigt den Vortagesniederschlag (N_v=1, bei meßbarem Vortagesniederschlag, sonst N_v=0).

Dachart	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄
Ziegeldach 35°	-1,464	0,990	-9,38	2,426	0,114
Ziegeldach 45°	-1,855	0,966	-6,42	3,186	0,164
Betonsteindach 35°	0,760	0,881	-3,62	-1,549	0,084
Flachdach mit Bitumenpappe	0,944	0,983	-3,72	-1,814	0,040
Flachdach mit Kiesschüttung	-1,382	1,064	-6,77	2,172	0,154

Tabelle 6: Regenauffangflächen mit täglichen Abflußbeiwerten nach /Schmidt, 1986/

Die Dachabflußmenge ergibt sich aus der Multiplikation von gemitteltem Abflußbeiwert mit dem Regenertrag der Auffangfläche.

Je nach Wahl der Oberflächenart der Auffangfläche erfolgt die Berechnung der Dachabflußmenge entweder nach dem Verfahren von /Schmidt, 1986/ oder mit Hilfe des gemittelten Jahreswertes. Tabelle 7 gibt einen Überblick über gemittelte Abflußbeiwerte verschiedener Regenauffangflächen.

Oberfläche der Regenauffangfläche	Abflußbeiwert
Schrägdach mit Ziegel oder Betonstein	0,75
Schrägdach mit Dachbahnen (Bitumen)	0,8
Begrüntes Schrägdach	0,25
Flachdach mit Dachbahnen (Bitumen)	0,7
Begrüntes Flachdach	0,2

Tabelle 7: Regenauffangflächen mit gemittelten Abflußbeiwerten

4.4 Filter

Der Filter dient zur Reinigung des Regenwassers. Bei der Reinigung erfolgt jedoch auch eine Minderung der dem Speicher zufließenden Regenwassermenge. Die Minderung ist abhängig von der spezifischen Filterzuflußmenge. Das heißt der Wirkungsgrad des Filters ist eine Funktion des Filterzuflusses, wobei die Filterzuflußmenge der Dachabflußmenge entspricht.

Regenwasserfilter können durch Wirkungsgradkennlinien beschrieben werden. Bis zu sechs Punkte können in RAINWATER durch Wertepaare (Filterzuflußmenge / Filterwirkungsgrad) zur Abbildung der Wirkungsgradkennlinie eines Filters definiert werden. Diese Punkte werden durch Geraden verbunden, entlang derer linear interpoliert werden kann. Die Kennlinie wird also durch ein Polygon beschrieben. Liegt die Abflußmenge außerhalb des beschriebenen Bereichs, so wird der gesuchte Filterwirkungsgrad durch lineare Extrapolation ermittelt.

Die aktuelle Filterabflußmenge errechnet sich aus der Filterzuflußmenge multipliziert mit dem jeweiligen Filterwirkungsgrad aus der Wirkungsgradkennlinie.

4.5 Speicherfüllstand

Der Speicherfüllstand wird mittels intertemporärer Beziehungen modelliert. Dabei wird der Speicherfüllstand (Füllst.) in der gewählten Schrittweite (stündlich/täglich) aktualisiert, wobei der Zufluß vor dem Abfluß erfolgt.

$$Füllst.(t) = Füllst.(t-1) + Zufluß(\Delta t) - Abfluß(\Delta t)$$

Für die Modellierung des Speichers gelten folgende Restriktionen:

1. $Füllst.(t) \geq Min.Füllst.$
2. $Füllst.(t) \leq Max.Füllst.$

Die Verletzung von Restriktion 1. führt zur Nachspeisung von Trinkwasser (s. Abschnitt 4.7), die Verletzung von Restriktion 2. zum Abfluß des überschüssigen Wassers in die Kanalisation.

4.6 Regenwasserverbrauch – Verbrauchsprofile

Die Simulation verwendet Verbrauchsprofile mit stündlichen spezifischen Werten. Die Tage werden in Werktage (Montag bis Freitag) und Wochenendtage (Samstag und Sonntag) unterschieden. Sowohl für Werktage als auch für Wochenendtage kann ein eigenes Profil und eine unterschiedliche Tagesverbrauchsmenge festgelegt werden. Jedes Verbrauchsprofil kann zur Berücksichtigung von Ferien oder jahreszeitlich abhängigen Produktionsprozessen mit bis zu fünf verschiedenen Ferienzeiten versehen werden. Während der Ferienzeit wird der entsprechende Verbraucher stillgelegt.

Beschrieben wird jedes Verbrauchsprofil durch die Angabe des relativen Verbrauchs zu jeder Stunde und einer Tagesverbrauchsmenge. Bei der Simulation in Stundenschritten wird der relative Verbrauch mit der Tagesverbrauchsmenge multipliziert und ergibt somit den stündlichen Verbrauchswert. **Achtung:** Bei der Simulation mit Stundenwerten kann der wirkliche aufsummierte Tagesverbrauch größer sein, als der angegebene Tagesverbrauch. Zur Kontrolle wird daher die Summe der relativen Stundenwerte (in Prozent) auf dem entsprechenden Formular angezeigt. Bei Verwendung der Tagesschrittweite wird der Tagesverbrauchswert verwendet.

Bei RAINWATER können grundsätzlich drei verschiedene Profiltypen unterschieden werden:

- Der erste Profiltyp stellt einen regelmäßigen Verbraucher dar, d.h. der durch dieses Profil definierte Verbrauch wird jeden Tag abgefragt (außer in Ferienzeiten).
- Der zweite Profiltyp repräsentiert zufällige Wasserverbraucher. Dabei wird die Anzahl der Nutzungen pro Woche angegeben und über die Benutzeroberfläche dem Programm mitgeteilt, an welchen Tagen (Werktag und/oder Wochenende) ein Verbrauch vorliegt. Das Simulationsprogramm ermittelt daraus jede Woche neu die zufällige Verteilung auf die Wochentage.
- Der dritte Profiltyp dient zur Abbildung der Garten- und Grünflächenbewässerung an trockenen Sommertagen, ohne Vortagesregen. Dieser Profiltyp erlaubt Wasserverbrauch nur im Sommer und nur an solchen Tagen ohne erwähnenswerten Vortagesregen.

In RAINWATER können von Profiltyp 1 (regelmäßige Verbraucher) zwei Profile gewählt werden, ebenso von Profiltyp 2 (zufällige Verbraucher). Profiltyp 3 (Garten- und Grünflächenbewässerung) kann nur einmal auftreten.

Der Gesamtverbrauch errechnet sich aus der Summe der Einzelverbräuche.

4.7 Trinkwassernachspeisung

Wird in der Zisterne der minimale Füllstand unterschritten (s. Abschnitt 4.5 - Verletzung der Restriktion 1), so muß zur Deckung des Bedarfs eine Nachspeisung von Trinkwasser erfolgen.

Trinkwasser kann an drei verschiedenen Stellen nachgespeist werden. Anlagentyp A (nur Primärspeicher) erlaubt die Nachspeisung in der Hausstation und direkt in die Zisterne (heute nicht mehr übliches Verfahren). Bei Anlagentyp B (mit Zwischenspeicher) kann in den Zwischenspeicher oder in die Hausstation nachgespeist werden. Wobei im Falle von

Anlagentyp B die Nachspeisung in den Zwischenspeicher wahrscheinlicher ist (dazu wird der Zwischenspeicher ja eingesetzt).

Nachspeisung erfolgt immer bei Unterschreitung des minimalen Füllstandes des Speichers. Bei der Nachspeisung in die Hausstation wird genau die momentan benötigte Menge an Trinkwasser nachgespeist. Erfolgt die Nachspeisung in den Primärspeicher, so wird der Primärspeicher bis zum angegebenen Nachspeisefüllstand aufgefüllt, unabhängig vom momentan angefragten Verbrauch. Daraus ergibt sich der Nachteil, daß bei einem Regenschauer, nach kurz zuvor erfolgter Nachspeisung, unnötig viel Trinkwasser in den Primärspeicher nachgespeist wurde.

Wird eine Regenwassernutzungsanlage mit Zwischenspeicher verwendet, so erfolgt die Nachspeisung im Normalfall in den Zwischenspeicher. Dabei ist jetzt aber in die Nachspeisung von Regenwasser und in die Nachspeisung von Trinkwasser zu unterscheiden. Fällt im Zwischenspeicher der Füllstand unter den minimalen Füllstand, so wird versucht Regenwasser aus dem Primärspeicher nachzuspeisen (bis zum angegebenen Nachspeisefüllstand). Kann aus dem Primärspeicher wegen Unterschreitung des dortigen minimalen Füllstandes kein Wasser mehr entnommen werden, so muß eine Nachspeisung von Trinkwasser erfolgen (ebenfalls bis zum angegebenen Nachspeisefüllstand im Zwischenspeicher).

4.8 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung beruht auf einer dynamischen Amortisationsrechnung. Ausgehend von einer Anfangsschuld, aufgrund der Investition für die Regenwasseranlage, wird derjenige Zeitpunkt berechnet, ab dem die Schulden getilgt sind.

Die Investitionskosten ergeben sich aus den Kosten für alle Anlagenkomponenten, Montage und Inbetriebnahme der Anlage. Gegengerechnet wird ein einmaliger Investitionszuschuß (falls es einen solchen Zuschuß gibt). Bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung wird davon ausgegangen, daß dieses Geld zu einem angegebenen Zinssatz aufgenommen werden muß.

Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus Kosten für Strom und Wartung der Regenwasseranlage. Beide Posten können individuelle Preissteigerungen berücksichtigen.

Eine jährliche Gutschrift ergibt sich aus den vermiedenen Kosten für Frischwasser und, falls keine Abwassergebühren anfallen, aus den vermiedenen Abwasserkosten. Die jährliche Gutschrift entspricht dem Ertrag der Regenwasseranlage.

Die neue Restschuld wird jedes Jahr neu ermittelt. Dazu werden die Betriebskosten von der Restschuld des Vorjahres subtrahiert. Anschließend wird dazu die Gutschrift für Frischwasser und Abwasser (Ertrag) addiert. Der daraus ermittelte Wert wird mit dem angegebenen Zinssatz zur neuen Restschuld verzinst.

$$\text{restschuld}(t+1) = \left(-|\text{restschuld}(t)| - \text{betriebskosten}(\Delta t) + \text{ertrag}(\Delta t) \right) \left(1 + \frac{\text{zinssatz}}{100} \right)$$

Amortisiert hat sich die Regenwasseranlage, wenn die Restschuld größer als 0 (d.h. eine positive Zahl) ist.

5 Das Programm RAINWATER

5.1 Systemvoraussetzungen

Zur Ausführung des Simulationsprogramms RAINWATER müssen folgende Systemvoraussetzungen erfüllt sein:

- mindestens 486 Prozessor mit mindestens 100 MHz,
- 16 MB Arbeitsspeicher,
- mindestens 50 MB freier Festplattenspeicher,
- Betriebssystem: WindowsTM 95, WindowsTM 98 oder WindowsTM NT.

5.2 Die Installation

Installation von CD

Zur Installation des Simulationsprogrammes RAINWATER von CD-ROM auf Ihrer Festplatte legen Sie die CD-ROM in Ihr CD-Laufwerk ein. Warten Sie einige Sekunden, bis das Installationsprogramm von selbst startet. Sollte die Installation nicht automatisch starten, so führen Sie das Installationsprogramm `setup.exe` von Hand aus. Gehen Sie dazu wie folgt vor:

Gehen Sie auf der Taskleiste auf **START | AUSFÜHREN**. Wählen Sie aus dem Hauptverzeichnis der CD-ROM die Datei `setup.exe` und starten die Installation indem Sie mit **OK** bestätigen.

Nach erfolgreichen Start des Installationsprogrammes werden Sie dazu aufgefordert, das Zielverzeichnis auf Ihrer Festplatte anzugeben. Alle benötigten Dateien werden nun auf Ihre Festplatte kopiert und entpackt.

Installation des aus dem Internet heruntergeladenen Programms

Sollten Sie die Software aus dem Internet heruntergeladen haben, so entpacken Sie zuerst die heruntergeladene Datei `rainwater.zip` und führen dann das Programm `setup.exe` aus.

Die Demoversion

Bei der Installation wird auf Ihrem Rechner immer automatisch die Demoversion von RAINWATER installiert. Zudem wird die Gruppe RAINWATER zum Menü Programme hinzugefügt. Die Demoversion ist eine in ihrem Funktionsumfang eingeschränkte Vollversion von RAINWATER. Sie ermöglicht jedoch das Erkunden der vielseitigen Möglichkeiten des Simulationsprogramms. Die Einschränkungen sind:

- kein Abspeichern und Ausdrucken von simulierten Anlagen möglich,
- keine Änderung der Standardeinstellungen
- und es steht nur ein festgelegter Klimadatensatz zur Verfügung.

Zu beachten beim Kauf einer Vollizenz:

Haben Sie eine Vollizenz von RAINWATER erworben, so müssen Sie die, auf einer extra Diskette oder per e-mail erhaltene Datei `lizenz.txt` in das RAINWATER -Verzeichnis auf Ihrer Festplatte kopieren. Dabei muß sich die bereits dort befindende Datei `li-`

zenz.txt überschrieben werden (beantworten Sie die Systemmeldung: „Dieser Ordner enthält bereits eine Datei namens „lizenzen.txt“. Soll die vorhandene Datei durch diese ersetzt werden?“ mit <Ja>).

5.3 Die Verzeichnisse

Das Installationsprogramm von RAINWATER erzeugt automatisch die Unterverzeichnisse Anlagen, Ergebnisse, Datenbanken und Grafiken. Alle Projekte werden standardmäßig im Unterverzeichnis Anlagen gespeichert, die Ergebnisse im Verzeichnis Ergebnisse. Im Unterverzeichnis Datenbanken sind alle Datenbanken enthalten, die zum Ablauf des Programms benötigt werden. Das Verzeichnis Grafiken enthält alle für die grafische Benutzeroberfläche notwendigen grafischen Elemente.

5.4 Die Datenbanken

Alle Anlagen werden mit der Endung „anl“ gespeichert. Standardmäßig werden sie im Verzeichnis RainWater\Anlagen abgelegt. Die Simulationsergebnisse werden standardmäßig als *.erg – Dateien im RainWater\Ergebnisse – Verzeichnis gespeichert.

Alle für die Ausführung des Simulationsprogramms notwendigen Datenbanken befinden sich im Verzeichnis RainWater\Datenbanken. Solange Sie RAINWATER benutzen wollen, dürfen Sie keine dieser Datenbanken löschen. Außerdem sind in diesen Datenbanken auch die von Ihnen vorgenommenen Änderungen der Standardeinstellungen gespeichert, die Sie beim Löschen ebenfalls verlieren würden.

Die im Verzeichnis RainWater\Grafiken befindlichen Elemente der grafischen Benutzeroberfläche sollten Sie, um einen reibungslosen Ablauf von RAINWATER zu gewährleisten, ebenfalls nie löschen oder ändern.

5.5 Erste Schritte

Starten Sie das Simulationsprogramm RAINWATER. Der Start kann je nach Rechner einige Sekunden Zeit in Anspruch nehmen. Während dieser Zeit lädt das Programm die benötigten Daten aus den Datenbanken und belegt alle Fenster mit den voreingestellten Standardwerten. Nach dem Start sehen Sie das grafische Anlagenschema der Regenwasseranlage auf dem Bildschirm (s. Abbildung 6).

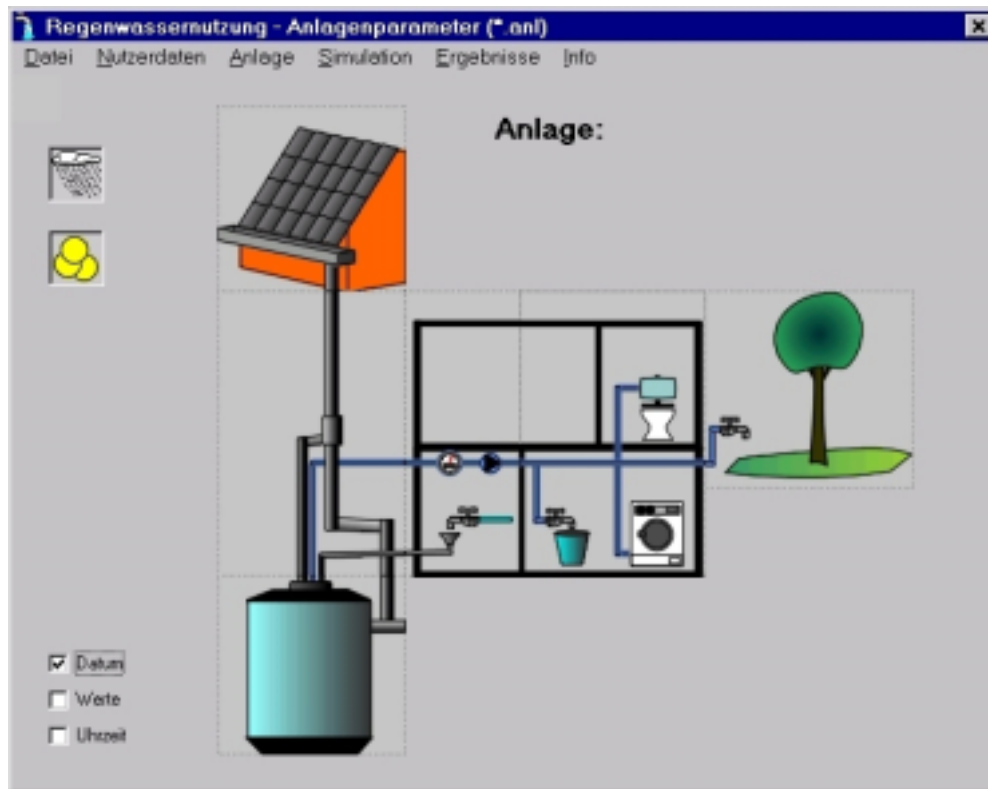


Abbildung 6: Anlagenschema (Anlagentyp A)

In den nächsten Abschnitten dieses Kapitels finden Sie die Erläuterung der Menüs und der Eingabefenster des Simulationsprogramms RAINWATER. Um den Einstieg zu erleichtern, wird der Umgang mit RAINWATER anhand eines einfachen Einführungsbeispiels im nächsten Kapitel erläutert.

Die Eingabefenster zur Festlegung der Anlagenkomponenten können durch Auswahl aus dem Hauptmenü (s. Abschnitt 5.6) oder durch Anklicken der grafischen Symbole auf der grafischen Benutzeroberfläche (s. Abschnitt 5.7) aufgerufen werden.

Alle Elemente der grafischen Benutzeroberfläche sind mit sogenannten Tooltips ausgestattet. Wenn Sie mit der Maus einen Augenblick auf einem grafischen Element verharren, so erscheint ein kurzer Hilfetext zu dem Element. Hilfe in Form von Tooltips erhalten Sie außerdem in den meisten Fenstern zur Festlegung der Parameter einzelner Anlagenkomponenten (Dach, Filter, usw.). Die Fenster und Benutzeroberfläche sind dadurch weitestgehend selbsterklärend.

5.6 Das Hauptmenü

5.6.1 Datei

Im Menü *Datei* finden Sie die Menüpunkte zum Öffnen, Speichern und Ausdrucken von Regenwasseranlagen, sowie die Standardeinstellungen und die Möglichkeit zum Beenden des Programmes.

Anlage neu: öffnet eine neue Anlage und belegt alle Fenster mit den Werten aus der Standardeinstellung.

Anlage öffnen: ermöglicht das Öffnen einer zuvor abgespeicherten Regenwasseranlage

Anlage speichern / Anlage speichern unter: erlaubt das Abspeichern einer erstellten Regenwasseranlage.

Anlagenüberblick: gibt einen Überblick über alle wichtigen Parameter einer Anlage und ermöglicht deren Ausdruck.

Standardeinstellungen: öffnet das Fenster mit den Standardeinstellungen. In diesem Fenster erfolgt die individuelle Anpassung der Standardwerte, mit denen neue Anlagen vorbelegt werden (s. *Anlage neu*). Außerdem ist die Eingabe neuer Filter- und Verbraucherprofile, sowie die Eingabe von Zisternen möglich. Alle Einstellungsmöglichkeiten der Standardeinstellungen sind in Abschnitt 5.11 erläutert.

Ende: beendet das Simulationsprogramm.

5.6.2 Nutzerdaten

Die Nutzerdaten umfassen alle Einstellungen, welche im weitesten Sinne den Nutzer und sein Verhalten beschreiben. Dies sind die Adresse und die Klimaregion, in welcher der Nutzer wohnt, sowie Verbrauchsangaben.

Adresse: bietet eine umfangreiche Eingabemöglichkeit für Kundendaten (Name, Straße, Wohnort, Telefon- und Faxnummer, e-mail und Bemerkungen – siehe Abschnitt 5.8.2).

Klima: ermöglicht die Auswahl und Skalierung des Klimadatensatzes für den Standort der Anlage (siehe Abschnitt 5.8.3).

Verbrauch im Haus: öffnet das Fenster zur Auswahl von bis zu vier Verbrauchsprofilen, welche den Regenwasserverbrauch im Haus beschreiben (s. Abschnitt 5.8.9).

Verbrauch im Garten: öffnet das Fenster zur Beschreibung des Regenwasserverbrauchs für Garten- und Grünflächenbewässerung (s. Abschnitt 5.8.10).

5.6.3 Anlage

Dieses Menü enthält alle Untermenüpunkte, welche Sie zu den Fenstern führen, die zur Beschreibung der Anlagenparameter notwendig sind.

Anlagentyp: ermöglicht die Wahl eines Anlagentyps (*Anlagentyp A (nur Primärspeicher)* oder *Anlagentyp B (mit Zwischenspeicher)*).

Dach: führt zum Eingabefenster, in welchem eine detaillierte Beschreibung der Regenauffangfläche(n) möglich ist (s. Abschnitt 5.8.4).

Filter: öffnet das Eingabefenster zur Auswahl eines Regenwasserfilters (s. Abschnitt 5.8.5).

Primärspeicher: öffnet das Eingabefenster zur Festlegung der Parameter des Primärspeichers – Zisterne (s. Abschnitt 5.8.6).

Zwischenspeicher: dieser Menüpunkt steht nur bei Verwendung des Anlagentyps B (mit Zwischenspeicher) zur Verfügung - führt zur Beschreibung des Zwischenspeichers (s. Abschnitt 5.8.7).

Hausstation: führt zum Fenster für die Festlegung der Parameter der Hausstation. Dort erfolgt die Beschreibung des Nachspeiseortes und der verwendeten Pumpe(n) (s. Abschnitt 5.8.8).

Wirtschaftlichkeit: öffnet das Fenster zur Eingabe der ökonomische Anlagenparameter, wie beispielsweise Investitionskosten, Betriebskosten, Preissteigerungsraten, usw. (s. Abschnitt 5.8.11).

5.6.4 Simulation

Der Menüpunkt *Simulation* ermöglicht die Speicheroptimierung und die Durchführung der Simulationsrechnung.

Speicheroptimierung: öffnet das Optimierungsfenster, in welchem Sie einen Überblick über den gesamten Verbrauch und Ertrag der Regenwasseranlage erhalten. Anschließend wird eine Optimierung zur Bestimmung der idealen Zisternengröße durchgeführt (s. Abschnitt 5.9.1).

Simulation: ermöglicht die Durchführung einer detaillierten Simulation der beschriebenen Anlage über einen Zeitraum von zehn Jahren (s. Abschnitt 5.9.2).

5.6.5 Ergebnisse

Der Menüpunkt *Ergebnisse* dient zur Anzeige der Simulationsergebnisse. Dabei kann sowohl das ökonomische, wie auch das gesamte Ergebnis der Simulation betrachtet werden. Ergebnisdaten, welche in den Ergebnisdarstellungen angezeigt werden können, stehen erst nach der Durchführung einer Simulationsrechnung zur Verfügung.

Möglich ist auch die Betrachtung alter Simulationsergebnisse einer Anlage, sofern diese nicht in andere Unterverzeichnisse verschoben oder gar gelöscht wurden.

Gesamtergebnis: ermöglicht die Bildschirmanzeige und den Ausdruck des gesamten Simulationsergebnisses (substituierte Trinkwassermenge, Wirkungsgrad, usw.) mit einer Beschreibung der wichtigsten Anlagenparameter, wie der gesamten Regenauffangfläche, der Zisternengröße, usw. (s. Abschnitt 5.10.1).

Ökonomische Bilanz: ermöglicht die Bildschirmanzeige und den Ausdruck des wirtschaftlichen Simulationsergebnisses inklusive der Amortisationszeit (s. Abschnitt 5.10.2).

5.7 Das Anlagenschema

Durch Anklicken der entsprechenden Elemente auf der grafischen Benutzeroberfläche ist es möglich, direkt zu den Eingabefenstern der einzelnen Anlagenkomponenten zu gelangen. Abbildung 7 verdeutlicht die Anordnung der einzelnen Elemente der grafischen Benutzeroberfläche am Beispiel einer Regenwasseranlage des Anlagentyps B (mit Zwischenspeicher). Bei Verwendung des Anlagentyps A (nur Primärspeicher) entfällt das grafische Element des Zwischenspeichers.

Alle Elemente der grafischen Benutzeroberfläche von RAINWATER sind mit Tooltips ausgestattet (s. Abschnitt 5.4), die eine Hilfestellung zur Bedienung der Oberfläche geben.

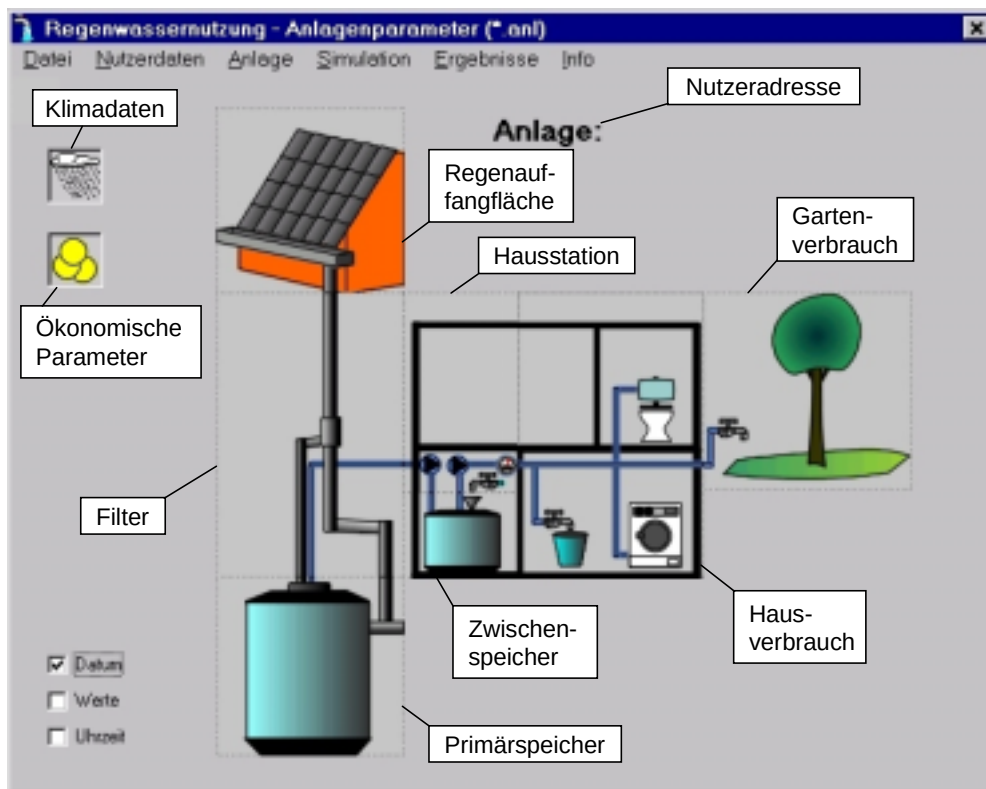


Abbildung 7: Elemente der grafischen Benutzeroberfläche

5.8 Die Eingabefenster von RAINWATER

5.8.1 Allgemeines

Jede Anlagenkomponente (Dach, Filter, Hausstation, usw.) verfügt zur Eingabe der Anlagenparameter über ein eigenes Eingabefenster. Alle Eingabefenster sind durch ihren Aufbau und durch die Verwendung von Tooltips (s. Abschnitt 5.4) weitestgehend selbsterklärend, wodurch ein intuitives Arbeiten mit dem Simulationsprogramm ermöglicht wird.

Alle Eingabefelder verfügen über eine automatische Online-Eingabekorrektur. Bei unzulässigen Eingaben erscheint eine Warnmeldung, die den Anwender auf unzulässige Eingaben hinweist.

Jedes Eingabefenster verfügt über einen OK- und über einen ABBRECHEN-Button. Durch das Drücken von OK werden die aktuellen Parameter in den Eingabefeldern und Auswahllisten übernommen. Zuvor erfolgt allerdings eine Prüfung auf die Vollständigkeit der Eingabedaten. Bei fehlenden Eingabedaten erscheint eine Warnmeldung, die den Anwender auf fehlende Eingabeparameter aufmerksam macht. ABBRECHEN schließt das Fenster ohne die vom Anwender eventuell vorgenommenen Änderungen der Parameter zu übernehmen.

Die Parametereingabe in den einzelnen Eingabefenster wird in Kapitel 6 anhand eines konkreten Beispiels einer Regenwassernutzungsanlage für ein Einfamilienhaus erläutert.

5.8.2 Nutzeradresse

Das Eingabefenster *Nutzeradresse* (s. Abbildung 8) stellt umfangreiche Möglichkeiten zur Eingabe von Kundendaten zur Verfügung. Außerdem enthält das Fenster ein Textfeld zur Eingabe von Bemerkungen (maximale Länge: 255 Zeichen).

Zur Durchführung der Simulation sind keine Angaben zum Nutzer notwendig. Wurde ein Namen eingegeben, so wird dieser im Anlagenschema angezeigt und erscheint auf dem Ergebnisausdruck.

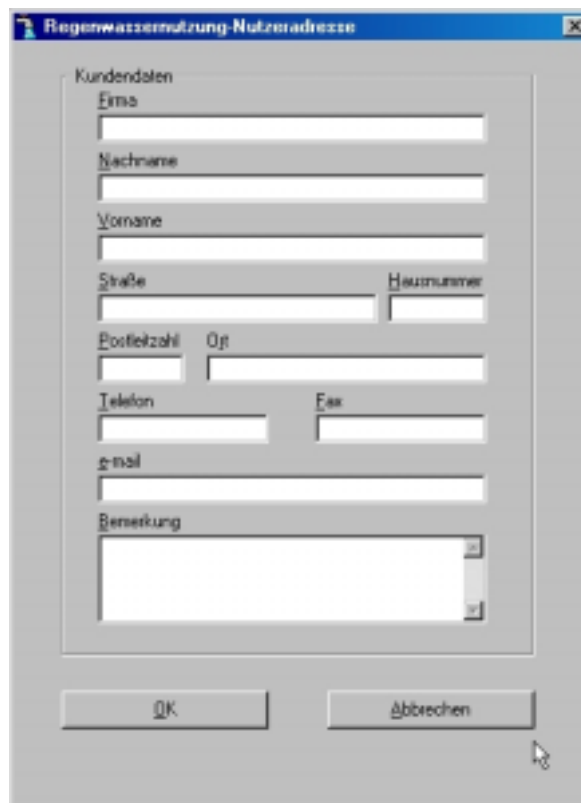


Abbildung 8: Eingabefenster - Nutzeradresse

5.8.3 Klima

Zur Auswahl eines Wetterdatensatzes gibt es im Eingabefenster *Klima* (s. Abbildung 10) eine Liste mit den verfügbaren Wetterdatensätze. Die Einträge in der Auswahlliste sind abhängig von der erworbenen Lizenz. Abbildung 9 gibt einen Überblick über die Klimaregionen und die ihnen zugeordneten Wetterdatensätze. In den Wetterdatensätzen sind Tagesniederschlagssummen und mittlere Tagestemperaturen der einzelnen Wetterstationen für die Jahre 1988 bis 1997 enthalten.

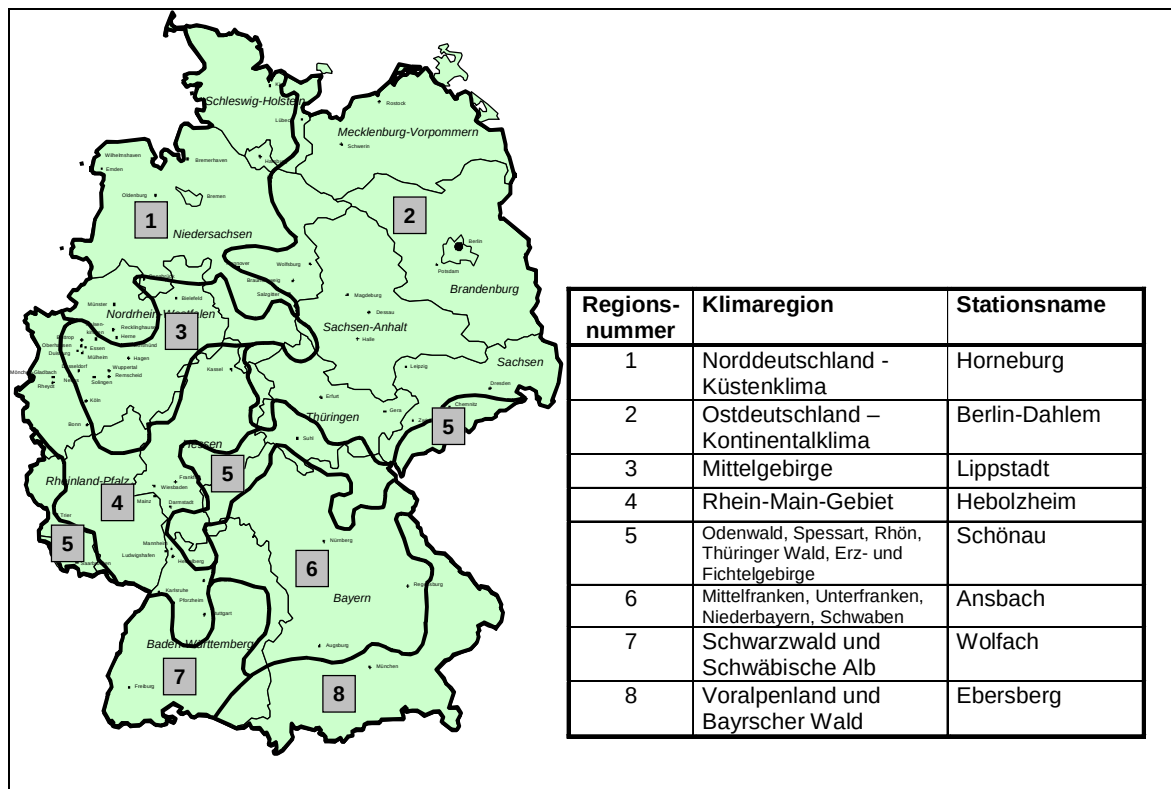


Abbildung 9: Klimaregionen und Wetterdatensätze

Nach der Auswahl eines Wetterdatensatzes wird im Feld Niederschlagsmenge die festgelegte jährliche Niederschlagsmenge der Wetterstation angezeigt. Zur Anpassung an den tatsächlichen Standort der Regenwasseranlage, kann in dieses Feld die dortige jährliche Niederschlagsmenge eingegeben werden.

Abbildung 10: Eingabefenster - Klima

5.8.4 Regenauffangfläche

Das Eingabefenster *Regenauffangfläche* dient der Beschreibung der an die Zisterne angeschlossene(n) Regenauffangfläche(n). Dabei können mehrere unterschiedliche Auf-

fangflächen angeschlossen sein. Das Aussehen des Eingabefensters *Regenauffangfläche* zeigt Abbildung 11.

Die Beschreibung einer einzelnen Regenauffangfläche erfolgt im linken Teil des Eingabefensters im Rahmen *Regenauffangfläche* durch die Festlegung der projezierten Fläche A_R und die Auswahl einer Oberfläche aus der Auswahlliste *Oberfläche der Regenauffangfläche*. Bei asymmetrischen Auffangflächen (beispielsweise, wenn von einem Schrägdach nur eine Dachhälfte an die Zisterne angeschlossen ist) ist die aufgefangene Regenmenge abhängig von der Dachausrichtung. Daher kann bei asymmetrischen Auffangflächen zusätzlich die *Bevorzugte Ausrichtung der Regenauffangfläche* angegeben werden. Symmetrische Schrägdächer haben keine bevorzugte Ausrichtung.

Eine Liste aller an die Zisterne angeschlossenen Regenauffangflächen befindet sich im rechten Teil des Eingabefensters - in der Liste *Ausgewählte Regenauffangflächen*.

Durch Drücken des >-Buttons wird eine im Rahmen *Regenauffangfläche* definierte Auffangfläche zur Liste *Ausgewählte Regenauffangflächen* auf der rechten Seite des Eingabefensters hinzugefügt. Mit Hilfe des <-Buttons kann eine oder können mehrere markierte Regenauffangflächen aus der Liste *Ausgewählte Auffangflächen* wiederum entfernt werden.

Die Buttons AUF und AB unterhalb der Liste der ausgewählten Regenauffangflächen dienen zum manuellen Sortieren der Liste. Eine markierte Auffangfläche kann mit Hilfe der Buttons innerhalb der Liste um jeweils eine Position nach oben oder nach unten verschoben werden.

Nr.	Regenauffangfläche	Fläche [m²]	Neigung [°]	Ausrichtung
1	Schrägdach mit Ziegel (ca. 35°)	120	35	keine
2	Flachdach mit Kiesaufschüttung	45	0	keine

Abbildung 11: Eingabefenster – Regenauffangfläche

Durch Klicken auf das Notizblock-Symbol rechts oberhalb der Auswahlliste *Oberfläche der Regenauffangfläche* können Bemerkungen zur ausgewählten Regenauffangfläche angezeigt werden.

5.8.5 Filter

Das Eingabefenster *Filter* (s. Abbildung 12) dient zur Beschreibung der/des angeschlossenen Filter(s).

In der Auswahlliste *Filtertyp* wird der angeschlossene Filtertyp festgelegt. Die Grafik unterhalb der Auswahlliste stellt den Filterwirkungsgrad des gewählten Filters dar. Auf der senkrechten Achse der Grafik ist der Wirkungsgrad [%] über der Zuflußmenge des Filters [Liter pro Sekunde] abzulesen.

Die Liste der Filtertypen ist in den Standardeinstellungen individuell erweiterbar (s. Abschnitt 5.11.4), so daß neue Filter zur Liste hinzugefügt werden können.

Im Eingabefeld *Anzahl der Filter* muß die gesamte Anzahl aller angeschlossenen Filter eingegeben werden. Bei Verwendung eines Wirbelfilters wird meist nur ein Filter eingebaut. Kommen Fallrohrfilter zum Einsatz, so befindet sich im Normalfall in jedem, an die Zisterne angeschlossenen Fallrohr ein Filter.

Das Notizblock-Symbol dient auch beim Filter zur Anzeige von Bemerkungen zum ausgewählten Filtertyp.

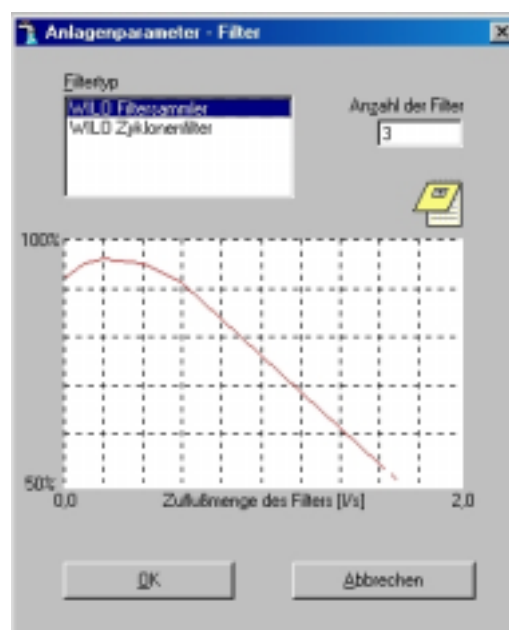


Abbildung 12: Eingabefenster - Filter

5.8.6 Primärspeicher

Zur Festlegung der Parameter des Primärspeichers dient das Eingabefenster *Primärspeicher* (s. Abbildung 13). Der Primärspeicher ist die Zisterne, in welche das auf den Auffangflächen gesammelte Regenwasser eingeleitet wird.

Der Primärspeicher wird beschrieben durch die *Anzahl der Primärspeicher* (im Normalfall ein Speicher, außer bei Batterietanks) und das Volumen eines Speichers [Liter]. Das gesamte Speichervolumen ergibt sich aus der Multiplikation von Speicheranzahl mit dem Speichervolumen. Mit Hilfe der Optimierungsrechnung kann nach der Angabe der Dachfläche und des gesamten Verbrauchs die Speichergröße bestimmt und in dieses Fenster übernommen werden.

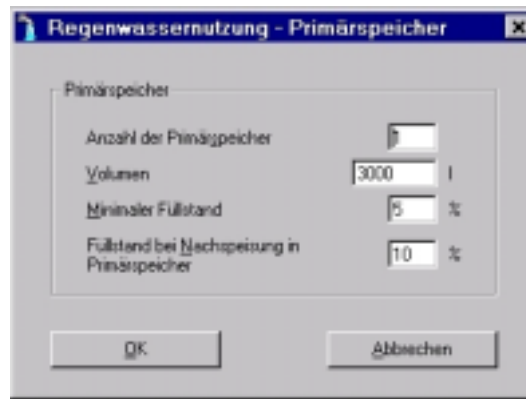


Abbildung 13: Eingabefenster - Primärspeicher

ACHTUNG - Optimierung: wird das ideale Speichervolumen aus der Optimierung bestimmt, so wird immer nur das Volumen eines einzelnen Speichers berechnet – keine Batterietanks möglich! Nach dem Übernehmen in das Eingabefenster für den Primärspeicher wird daher die Anzahl der Primärspeicher auf eins gesetzt und in das Feld *Volumen* das optimale Speichervolumen eines einzelnen Speichers eingetragen.

Unbedingt notwendig ist auch die Angabe des minimalen Füllstandes. Da das Regenwasser aus einer Zisterne nie vollständig entnommen werden kann (s. Abschnitt 3.3.2), muß der minimale Füllstand der Zisterne angegeben werden, bis zu dem das Wasser entnommen werden kann. Die Angabe erfolgt als Prozentangabe von der gesamten Speichergröße. Wird der minimale Füllstand unterschritten, so erfolgt die Nachspeisung von Trinkwasser. Normalerweise wird das Trinkwasser heutzutage in der Hausstation nachgespeist. Das Simulationsprogramm RAINWATER bietet jedoch zusätzlich die Möglichkeit die Nachspeisung von Trinkwasser in den Primärspeicher zu simulieren. Dazu muß im Eingabefeld *Füllstand bei Nachspeisung in Primärspeicher* der Füllstand (in Prozent) eingegeben werden, bis zu dem nachgespeist wird.

Wird in die Hausstation nachgespeist, so wird der bei *Füllstand bei Nachspeisung in Primärspeicher* eingegebene Wert bei der Simulation nicht berücksichtigt.

Gleichzeitige Simulation mehrere Gebäude

Ganze Gebiete lassen sich abbilden, indem für alle Gebäude entweder ein zentraler großer Speicher, oder ein dezentraler Speicher für jedes Gebäude angenommen wird. Dabei gilt dann die Einschränkung bei Verwendung mehrerer Speicher, daß alle Speicher dieselbe Größe haben.

5.8.7 Zwischenspeicher

Ein Zwischenspeicher steht nur bei Verwendung des Anlagentyps B (mit Zwischenspeicher) zur Verfügung. Das Eingabefenster *Zwischenspeicher* bietet dieselben Eingabemöglichkeiten, wie das Eingabefenster *Primärspeicher*. Im Regelfall ist jedoch nur ein Zwischenspeicher vorhanden und der *Füllstand bei Nachspeisung in Zwischenspeicher* beträgt 100%. Diese Werte können jedoch, wie alle anderen Parameter auch, vom Anwender frei gewählt werden.

5.8.8 Hausstation inklusive Pumpe(n)

Im Eingabefenster *Hausstation* (s. Abbildung 14) wird der Ort der Trinkwassernachspeisung festgelegt. Im Regelfall erfolgt die Nachspeisung bei Anlagentyp A (nur Primärspeicher) in der Hausstation und bei Anlagentyp B (mit Zwischenspeicher) in den Zwischenspeicher.

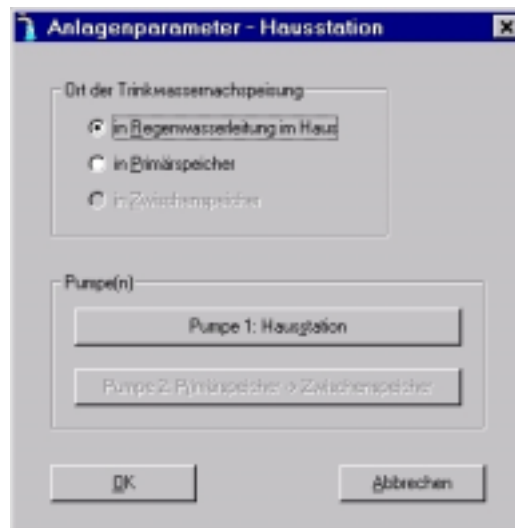


Abbildung 14: Eingabefenster – Hausstation (bei Anlagentyp A)

Zusätzlich können im Eingabefenster *Hausstation* die Parameter für die eingesetzte(n) Pumpe(n) festgelegt werden. Die Pumpenparameter werden benötigt, um die jährlichen Betriebskosten für den Hilfsstrom zum Betrieb der Pumpen berechnen zu können.

Für Anlagentyp A (nur Primärspeicher) steht lediglich *Pumpe 1: Hausstation* zur Verfügung. Dies ist die Pumpe der Hausstation, die das Regenwasser aus der Zisterne direkt in das Hausregenwassernetz einspeist. Meist ist diese Pumpe auch in der Hausstation integriert. *Pumpe 1* muß das gesamte benötigte Wasser in das Regenwassernetz des Gebäudes pumpen, auch das nachgespeiste Trinkwasser. Im Eingabefenster *Pumpe 1* kann die Pumpe durch ihre *Leistung* und durch ihre *tatsächliche Fördermenge* beschrieben werden (s. Abbildung 15). Die tatsächliche Fördermenge ist nicht die maximale Fördermenge der Pumpe, sondern die jährliche, durchschnittliche Fördermenge.

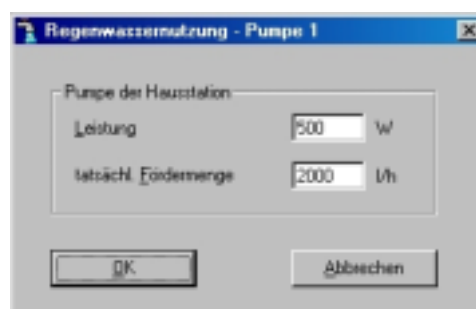


Abbildung 15: Eingabefenster - Pumpe

Anlagentyp B (mit Zwischenspeicher) benötigt zwei Pumpen. Die erste *Pumpe 2: Primärspeicher -> Zwischenspeicher* pumpt bei Bedarf das Regenwasser aus dem Primärspeicher

in den Zwischenspeicher. Diese Pumpe läuft an, wenn der minimale Füllstand im Zwischenspeicher unterschritten wird. Sie pumpt solange, bis der maximale Füllstand im Zwischenspeicher erreicht oder der minimale Füllstand im Primärspeicher unterschritten wird. *Pumpe 1: Hausstation* ist wieder die Pumpe der Hausstation. Dieses mal speist sie das Wasser aus dem Zwischenspeicher in das Regenwassernetz ein. Beide Pumpen werden durch ihre *Leistung* und durch ihre *tatsächliche Fördermenge* beschrieben.

5.8.9 Regenwasserverbrauch im Haus

Abbildung 16 zeigt das Eingabefenster *Wasserverbrauch im Haus*. Es dient zur Auswahl von bis zu vier Verbrauchsprofilen, welche zusammen den gesamten Regenwasserverbrauch im Gebäude beschreiben. Die Verbrauchsprofile beschreiben beispielsweise den Wasserverbrauch durch Toilettenspülung oder auch durch Produktionsprozesse.

Die Verbrauchsprofile für den *Regenwasserverbrauch im Haus* können in regelmäßige und zufällige Verbrauchsprofil unterteilt werden. Zur Beschreibung des Gesamtverbrauchs können bis zu zwei regelmäßige und bis zu zwei zufällige Verbrauchsprofile ausgewählt werden.

Zusätzlich kann jedes Profil projektbezogen editiert und angepaßt werden, ohne die Standardeinstellungen des Profils zu verändern. Außerdem kann jedes Profil mit Ferien versehen werden, die dazu dienen, den Regenwasserverbrauch während bestimmten Zeiten des Jahres auszuschalten.

Analysenparameter - Wasserverbrauch im Haus

Regelmäßiger Wasserverbrauch (Toilette, ...)

Verbrauchsprofil Nr. 1:

Anzahl der Verbraucher:

Werktag: Wochenende:

Verbrauchsprofil Nr. 2:

Anzahl der Verbraucher:

Werktag: Wochenende:

Zufälliger Wasserverbrauch (Waschmaschine, Putzen, ...)

Verbrauchsprofil Nr. 3:

Nutzungen pro Woche:

Verbrauch pro Nutzung:

Verbrauchsprofil Nr. 4:

Nutzungen pro Woche: ☐ Werktag

Verbrauch pro Nutzung: ☐ Wochenende

Abbildung 16: Eingabefenster – Wasserverbrauch im Haus

Regelmäßige Verbrauchsprofile

Regelmäßige Verbraucher sind Verbraucher, die jeden Tag eine bestimmte Menge an Regenwasser anfragen. Beispiele für regelmäßige Verbrauchsprofile sind Toilettenspülung oder Produktionsprozesse.

Zufällige Verbrauchsprofile

Zufällige Verbraucher sind Regenwasserverbraucher, die durch die Häufigkeit der Nutzungen pro Woche und die Wassermenge pro Nutzung beschrieben werden. Beispiele sind Waschmaschinen oder eine LKW-Waschanlage. Die Nutzungen werden jede Woche neu zufällig auf die ausgewählten Verbrauchstage (Werktag und/oder Wochenende) verteilt.

Profil editieren

Jedes Profil kann editiert und für das jeweilige Projekt individuell angepaßt werden. Das Editieren eines Profils in einem Projekt ändert nicht die Standardeinstellungen des Profils. Die Änderungen wirken sich nur auf das aktuelle Projekt aus. Das Eingabefenster zum Editieren eines Verbrauchsprofils zeigt Abbildung 17.

Die je 24 Eingabefelder für Werktag und Wochenende entsprechen dem relativen stündlichen Verbrauchsmengen. Zur Kontrolle erscheint am unteren Rand die *Summe* der relativen stündlichen Verbräuche.

Im Feld *Verbrauch pro Verbraucher* muß die gesamte Tagesverbrauchsmenge eines einzelnen Verbrauchers angegeben werden.

Werktag		Wochenende	
00	0.045	00	0.04
01	0.005	01	0.035
02	0.01	02	0.02
03	0.03	03	0.02
04	0.025	04	0.02
05	0.12	05	0
06	0.105	06	0.015
07	0.125	07	0.05
08	0	08	0.06
09	0	09	0.045
10	0	10	0.065
11	0	11	0.05
12	0	12	0.08
13	0	13	0.06
14	0.05	14	0.035
15	0.01	15	0.03
16	0.08	16	0.02
17	0.09	17	0.03
18	0.065	18	0.065
19	0.08	19	0.06
20	0.05	20	0.06
21	0.04	21	0.055
22	0.05	22	0.065
23	0.065	23	0.03

Werktag	Wochenende
Summe [%]	Summe [%]
Verbrauch pro Verbraucher (= 100%)	Verbrauch pro Verbraucher (= 100%)

Übernehmen Abbrechen

Abbildung 17: Eingabefenster – Profil editieren

Anmerkung: Die Verteilung des Verbrauchs über den Tag – wie in den Verbrauchsprofilen detailliert beschrieben – wird momentan nur bei der Simulation mit Stundenwerten berücksichtigt.

Ferien

Zur Berücksichtigung von Ferien oder jahreszeitlich abhängigen Produktionsprozessen kann jedes einzelne Profil mit bis zu fünf Ferienterminen versehen werden. Bei der Simulation wird der jeweilige Verbraucher während der Ferien abgeschaltet.

Ferienzeiten müssen im Format „dd.mm.“ oder „dd/mm/“ eingegeben werden (Beispiele für korrekte Ferienangaben: „1.3“, „1.3.“, „1/3“, „1/3/“). Zur vollständigen Beschreibung der Ferien werden jeweils Ferienanfang und Ferienende benötigt. Ein Beispiel für die Eingabe von Ferien ist Abbildung 18 zu entnehmen.

Ferien	Ferienbeginn	Ferienende
Weihnachten	22.12	8.1.
Ostern		
Pfingsten		
Sommer	25.7.	5.9.
Herbst		

Buttons: OK, Abbrechen

Abbildung 18: Eingabefenster – Ferien

5.8.10 Regenwasserverbrauch im Garten

Wasserverbrauch im Garten entsteht beispielsweise durch die Bewässerung von Gemüsebeeten oder Grünflächen. Dabei wird das Wasser zu Gießzwecken verwendet. Die Entscheidung ob gegossen wird, ist witterungsbedingt und von der Jahreszeit abhängig. Daher gibt es für den Gartenverbrauch ein gesondertes Eingabefenster.

Wichtigste Eingabeparameter des Fensters *Wasserverbrauch im Garten* (s. Abbildung 19) sind die *Bewässerte Fläche* und die *Wassermenge an einem trockenen Sommertag* [Liter pro Quadratmeter]. Die Wassermenge an einem warmen Sommertag entspricht der Gießmenge pro Quadratmeter bewässerter Fläche. Anhaltswerte können Tabelle 1 entnommen werden.

Abbildung 19: Eingabefenster - Wasserverbrauch im Garten

Gegossen wird, wenn der Vortagesregen unter dem Grenzwert von 2 Liter liegt und eine bestimmte Grenztemperatur überschreiten wird.

Der Button EDITIEREN ermöglicht auch hier das Bearbeiten des Verbrauchsprofils, also die Festlegung der Gießzeiten. Allerdings werden diese stündlichen Werte auch nur bei der Simulation mit stündlichen Werten berücksichtigt.

5.8.11 Ökonomische Parameter

Das Eingabefenster *Ökonomie* zur Festlegung der ökonomischen Parameter zeigt Abbildung 20. Das Fenster ist untergliedert in *Investitionskosten*, *Zinssatz*, *Wassergebühren*, *Sonstige Kosten* und *Jährliche Preissteigerungsraten*.

Bei den Investitionskosten können die Kosten für den *Primärspeicher*, die *Hausstation und Trinkwassernachspeisung*, die *Installationskosten mit den Kosten für das Leitungsnetz*, sowie *sonstige Kosten* eingeben werden. Durch Anklicken des Buch-Symbols, direkt neben dem Feld zur Eingabe der Kosten des Primärspeichers, erhält man eine Preisliste aller verfügbaren Speicher des ausgewählten Herstellers. Der im Eingabefenster Primärspeicher angegebene Speicher ist hervorgehoben.

ACHTUNG – Optimierung: wird das Speichervolumen durch Optimierung bestimmt und anschließend übernommen, so werden automatisch die Kosten des neuen Speichers in das Feld für die Kosten des Primärspeichers eingetragen.

Außer den Kosten kann auch ein einmaliger Investitionszuschuß berücksichtigt werden, der die Summe der Gesamtinvestition verringert.

Beim *Kapitalzins* muß der Zinssatz eingegeben werden, zu dem ein Kredit aufgenommen werden muß, bzw. bei einer Barbezahlung der Zins, zu dem der entsprechende Geldbetrag angelegt werden könnte.

Wassergebühren erfordert die Eingabe von Frischwasser- und Abwassergebühren, deren Höhe ganz entscheidend zur Wirtschaftlichkeit einer Regenwasseranlage beiträgt. Den größten Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit hat jedoch die Frage, ob für das Regenwasser Abwassergebühren bezahlt werden müssen oder nicht. Können Sie hier ein *nein* angeben, so hat dies einen großen positiven Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage.

Im Rahmen *Sonstige Kosten* können sonstige Betriebskosten berücksichtigt werden. Dies sind zum einen die Stromkosten für den Hilfsstrom zum Betrieb der Pumpen und zum an-

deren jährliche Wartungskosten, wobei bei privaten Anlagen meist keine oder nur ganz geringe Wartungskosten anfallen.

Zusätzlich können *Jährliche Preissteigerungsraten* für Frisch- und Abwasser, sowie für *Wartung* und *Strom* angegeben werden.

Anlagenparameter - Ökonomie

Währung

Ökonomische Parameter

Investitionskosten

Primärspeicher 3.000 DM

Hausstation und Trinkwassernachspeisung 1.200 DM

Installationskosten & Leitungsnetz 2.200 DM

Sonstiges 700 DM

einmaliger Investitionszuschuß 500 DM

Zinsen

Kapitalzins 5.0 %

Wassergebühren

Frischwasser 3.95 DM/m³

Abwasser 5.10 DM/m³

Abwassergebühren für Regenwasser ☒ nein ☐ ja

Sonstige Kosten

Stromkosten 0.30 DM/kWh

Wartung 30 DM/a

Jährliche Preissteigerungsraten

Strom 0.5 %

Wartung 0.0 %

Frischwasser 1.0 %

Abwasser 1.5 %

OK Abbrechen

Abbildung 20: Eingabefenster - Ökonomie

5.9 Speicheroptimierung und Simulation

5.9.1 Speicheroptimierung

Die Speicheroptimierung dient zum Finden des optimalen Speichervolumens. Ausschlaggebend ist dabei die Wirtschaftlichkeit einer Regenwasseranlage, wobei jedoch auch der Wirkungsgrad nicht unberücksichtigt bleiben sollte.

Wenn Sie das Optimierungsfenster aufrufen, erscheint das Fenster Speicherauslegung (s. Abbildung 21). Auf der linken Seite des Fensters ist der grob berechnete Jahresbedarf - aufgeteilt in Haus- und Gartenverbrauch - aufgetragen. Ferienzeiten sind dabei nicht berücksichtigt! Dem gegenübergestellt sehen Sie darunter den mittleren Jahresertrag auf den angeschlossenen Regenauffangflächen.

Drücken Sie nun den Button **SPEICHEROPTIMIERUNG**, so gelangen Sie zu einem Fenster, in welchen Sie die Speicherkosten für die Optimierung festlegen können (s. Abbildung 22).

Achtung: Bei der Speicheroptimierung wird davon ausgegangen, daß nur ein einzelner Speicher eingesetzt wird. Möchten Sie beispielsweise mehrere Batterietanks verwenden, so müssen Sie das ermittelte ideale Speichervolumen durch die Anzahl der gewünschten Speicherlemente dividieren und die Werte von Hand in das Speicherfenster übertragen.

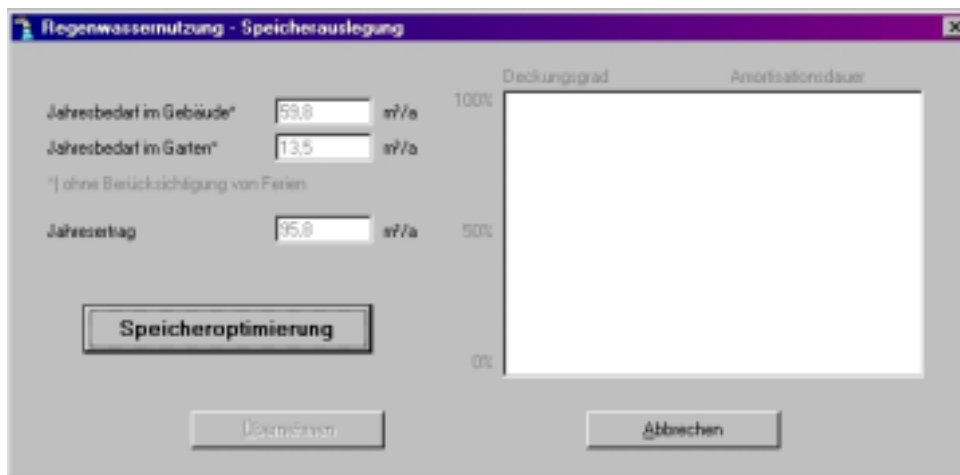


Abbildung 21: Optimierungsfenster beim ersten Aufruf

Das Fenster *Speicherkosten für Optimierung* (s. Abbildung 22) zeigt Ihnen die elf, für die Optimierung verwendeten Speichergrößen, sowie die Kosten der jeweiligen Speicher. Dabei wurde der sechste (der mittlere) Speicher durch eine Grobauslegung der Regenwasseranlage bestimmt. Diesem wird ein Speicher aus der Datenbank der ausgewählten Speicheranbieters zugeordnet (s. Abschnitt 5.11.5). Die anderen zehn Speicher (fünf kleinere und fünf größere) stammen ebenfalls aus dieser Datenbank.

Anmerkung 1: Sollten zu wenige Speicher in der Datenbank vorhanden sein, oder sollten Sie an die untere, bzw. obere Grenze der verfügbaren Speichergrößen gelangen, so werden einige Speicher mit denselben Werten belegt.

Anmerkung 2: Sollte in der Speicherdatenbank nur ein zwei Einträge vorhanden sein, so können Sie gar keine Optimierungsrechnung durchführen.

Der mittlere der elf Speicher verfügt über ein Auswahlfeld, das es Ihnen erlaubt, die festgelegten Speichergrößen zu verschieben. In Abbildung 22 sehen Sie das Fenster *Speicherkosten für Optimierung* mit der voreingestellten mittleren Speichergröße von 4.500 Litern. Bei der eingestellten Speicherdatenbank ergibt sich daraus der kleinste Speicher mit einem Volumen von 2.000 Litern. Möchte man nun gerne auch kleinere Speicher berücksichtigen, so kann aus der Auswahlliste ein kleinerer Speicher gewählt werden (hier: 4.000 Liter), wodurch sich die gesamte Liste der bei der Optimierung verwendeten Speicher hin zu kleineren Speichern verschiebt.

Zudem besteht die Möglichkeit die Kosten für jeden Speicher individuell abzuändern. Sollten Sie davon öfters Gebrauch machen, so empfiehlt sich das Anlegen eines neuen Speicheranbieters (s. Abschnitt 5.11.5) und das Setzen des entsprechenden Filters auf die Speicherdatenbank (s. Abschnitt 5.11.9).

Währung	Speicherkapazität (Liter)	Kosten (DM)
	2.000 Liter	1.800
	2.500 Liter	2.150
	3.000 Liter	2.500
	3.500 Liter	2.800
	4.000 Liter	3.000
	4.500 Liter	3.200
	5.000 Liter	3.400
	5.500 Liter	3.750
	6.000 Liter	4.200
	6.500 Liter	4.600
	7.000 Liter	4.900

Abbildung 22: Speicherkosten für Optimierung

Bestätigen Sie die Speicherkosten für Optimierung mit OK. Sie gelangen nun zurück zum Optimierungsfenster. Je nach Rechnergeschwindigkeit müssen Sie einige Sekunden warten, bis Sie das Optimierungsergebnis erhalten. Angezeigt wird das Ergebnis im linken Teil des Optimierungsfensters. Aufgetragen ist der Deckungsgrad (blaue Kurve) und die Amortisationsdauer (grüne Kurve) über den für die Optimierung verwendeten Speichergrößen.

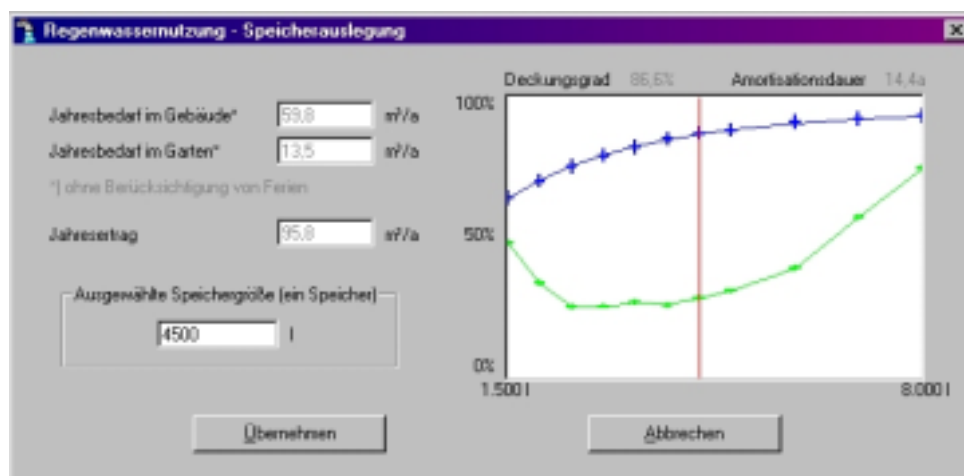


Abbildung 23: Optimierungsfenster mit Optimierungsergebnis

Am oberen Ende der Grafik können Sie links den Wert für den Deckungsgrad und rechts den Wert für die Amortisationsdauer des markierten Speichers ablesen. Der markierte Speicher ist durch die rote vertikal verlaufende Linie gekennzeichnet. Das Speichervolumen des markierten Speichers wird im Feld *Ausgewählte Speichergröße (ein Speicher)* angezeigt. Sie haben die Möglichkeit, die Markierung selbst zu verschieben, indem Sie mit der Maus in der Grafik in die Nähe des von Ihnen gewünschten Speichers klicken. Dabei werden die Anzeigen von Deckungsgrad, Amortisationsdauer und Speichergröße aktualisiert.

Technische Anforderung an die Zisterne - Anzahl der Speicherüberläufe:

Aus Gründen der Selbstreinigung sollte jeder Speicher mindestens dreimal im Jahr überlaufen. Ist dies nicht der Fall, so wird der Speicher nach der Optimierung mit einem roten Kreuz (anstatt einem blauen Kreuz) gekennzeichnet.

Klicken Sie auf ÜBERNEHMEN, so wird der ausgewählte Speicher übernommen. Dabei wird das Volumen in das Speicherfenster (s. Abbildung 13) und die entsprechenden Kosten in das Ökonomiefenster (s. Abbildung 20) automatisch eingetragen.

Achtung bei der Verwendung mehrerer Speicher:

Das aus der Optimierung erhaltene Speichervolumen ist das Volumen eines großen Speichers. Wählen Sie übernehmen, so wird zusammen mit der Eintragung des neuen Speichers die Anzahl der Speicher wieder auf eins gesetzt. Wollen Sie mehrere Speicher (Bsp. Batterietanks) verwenden, müssen Sie dies anschließend von Hand im Eingabefenster *Primär-speicher* (s. Abbildung 13) eingeben.

Sollten keine Kosten im Ökonomiefenster angegeben worden sein, oder überschreitet die Amortisationsdauer der Regenwasseranlagen 99 Jahre, so erhalten Sie folgendes Simulationsergebnis (s. Abbildung 24). Die grüne Linie zur Darstellung der Amortisationsdauer ist zu einer horizontalen Geraden geworden. Die Amortisationsdauer aller Anlagen beträgt 99 Jahre. In diesem Fall wird das „mittlere“ Speichervolumen markiert. Sie haben jetzt nur noch die Möglichkeit, die Anlage nach dem Deckungsgrad auszulegen.

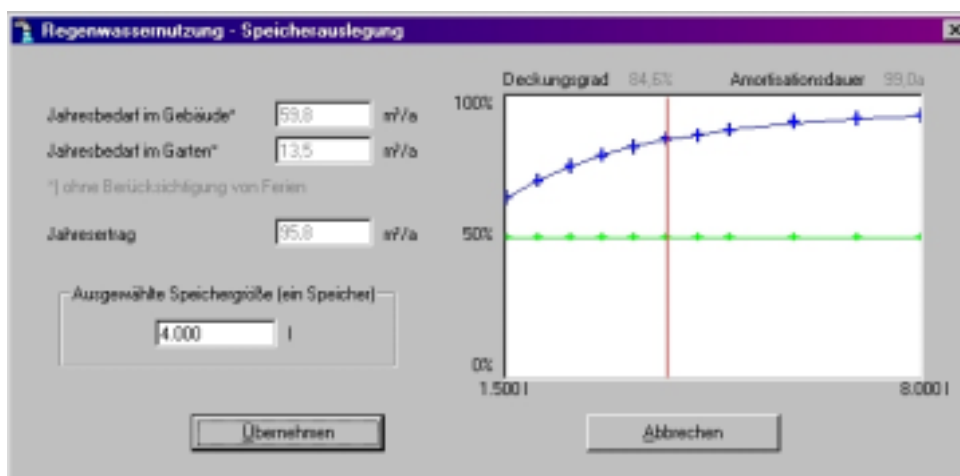


Abbildung 24: Optimierungsergebnis einer Anlage ohne Kostenangaben, bzw. Amortisationsdauern von über 99 Jahren

5.9.2 Simulationsrechnung

Die Grundlagen der Simulation wurden in Kapitel 4 erläutert. Hier geht es nun darum, die Simulation durchzuführen.

Nach der Auswahl von SIMULATION | SIMULATION gelangen Sie zu einem Dateiauswahlfenster, in welchen Sie das Verzeichnis und den Dateinamen der Ergebnisdatei festlegen. In der Ergebnisdatei werden alle relevanten Ergebnisse der Simulationsrechnung festgehalten. Nachdem Sie einen Dateinamen angegeben und Ihre Eingabe mit OK bestätigt haben, gelangen Sie zum Fenster *Simulation* (s. Abbildung 25).

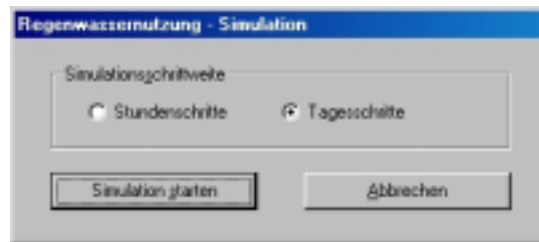


Abbildung 25: Startfenster für Simulation

Auf diesem Fenster können Sie die Simulationsschrittweite wählen und die Simulation starten. Nachdem Sie die Simulation gestartet haben verschwindet das Fenster und Sie gelangen zurück zum Hauptfenster. Auf diesem ist nun ein Button mit der Aufschrift **SIMULATION ABBRECHEN** sichtbar, mit dem Sie die Simulation jederzeit abbrechen können. Während der Simulation wird das Datum am unteren Rand des Hauptfensters hochgezählt. Durch Anklicken von *Werte* können Sie sich zusätzlich die wichtigsten Werte während der Simulation anzeigen lassen. Die Bildschirmanzeige verringert jedoch die Rechengeschwindigkeit erheblich. Simulieren Sie in Stundenschritten, so können Sie sich zusätzlich die Stundenwerte anzeigen lassen.

Die Simulation ist beendet, sobald der Mauszeiger keine Sanduhr mehr ist und der **SIMULATION ABBRECHEN** Button verschwindet.

5.10 Simulationsergebnisse - Ergebnisausdruck

Nach der Simulationsrechnung können die Simulationsergebnisse im Menü **Ergebnisse** angezeigt werden. Möglich ist die Darstellung des Gesamtergebnisses und des ökonomischen Ergebnisses.

Alle Ergebnisberichte können durch Anklicken des Drucken-Symbols auf der unteren Symbolleiste des Fensters ausgedruckt werden.

5.10.1 Gesamtergebnis der Simulation

Auf dem Gesamtergebnis (s. Abbildung 26) erscheint oben der Briefkopf des Lizenznehmers. Darunter ist der Name des Nutzers aufgeführt, so daß jedes Simulationsergebnis zu einem individuellen Ergebnis wird.

Im ersten Rahmen finden sich Angaben zum Standort der Regenwasseranlage, der Jahresniederschlagssumme und dem verwendeten Klimadatensatz.

Als nächstes gibt das Gesamtergebnis der Simulation einen grafischen Überblick über die wichtigsten Anlagenparameter, wie:

- Gesamte Größe der Regenauffangfläche
- Gesamte Zisternengröße
- Tagesverbrauch im Gebäude
- Tagesverbrauch an einem warmen Sommertag zur Grünflächenbewässerung

Die nächste Information ist die eingesparte Trinkwassermenge, die Kosten für die eingesparte Trinkwassermenge im ersten Jahr, sowie die Kosten für das Abwasser im ersten Jahr.

Im letzten Rahmen sind aufgeführt der jährliche mittlere Filterwirkungsgrad, sowie der Nutzungsgrad der Regenwasseranlage. Der Nutzungsgrad berechnet sich aus der substituierten Regenwassermenge durch die gesamte benötigte Wassermenge der mit Regenwasser versorgten Verbraucher.

Je höher der Nutzungsgrad der Anlage, um so höher ist die Trinkwassereinsparung und damit auch die Kostenersparnis durch die Regenwassernutzungsanlage.

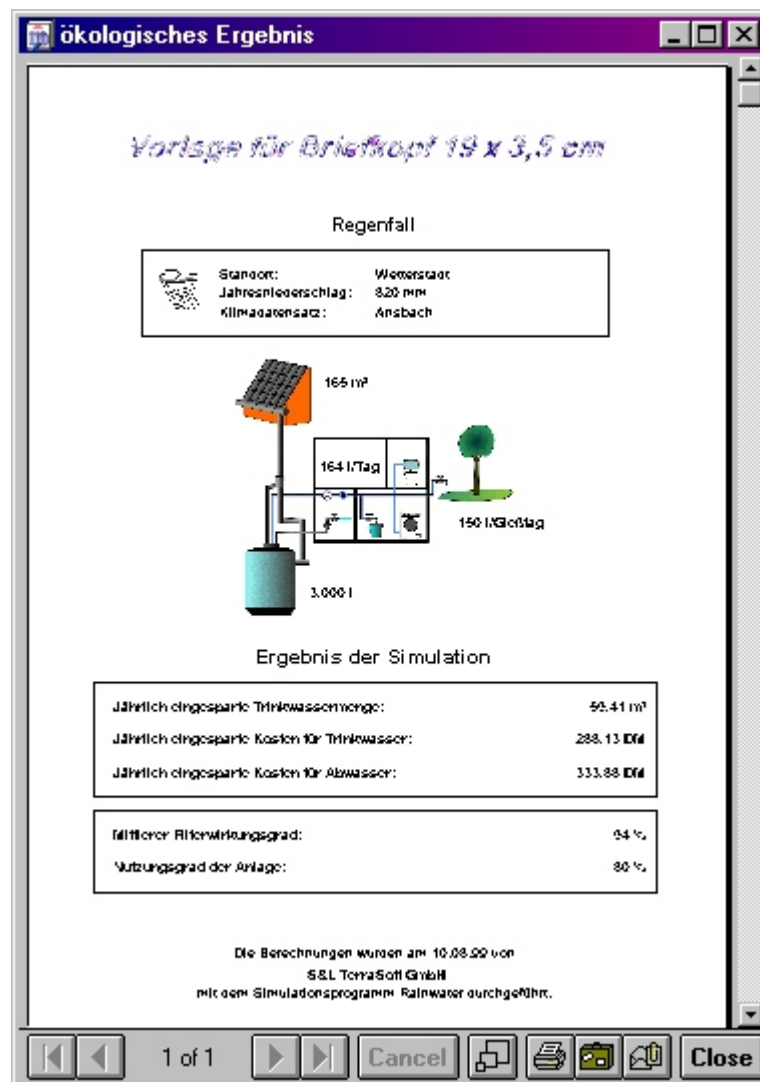


Abbildung 26: Ergebnisdarstellung des Gesamtergebnisses

5.10.2 Ökonomisches Ergebnis der Simulation

Das ökonomische Ergebnis (s. Abbildung 27) der Simulation gibt einen Überblick über die ökonomische Bilanz der simulierten Regenwasseranlage.

Oben auf dem Ergebnis erscheint wieder der individuelle Briefkopf des Lizenznehmers, sowie darunter der Name des Nutzers.

Im ersten Rahmen ist die Summe der gesamten Investitionskosten aufgeführt. Gegenge-rechnet werden eventuelle Investitionszuschüsse, so daß sich die Gesamtinvestitionssumme ergibt.

Anschließend sind die spezifischen Betriebskosten aufgeführt. Hier sind im besonderen die spezifischen Kosten für Frischwasser und Abwasser wichtig. Außerdem sind die jährlichen Wartungskosten, sowie die spezifischen Stromkosten für den Pumpenstrom aufgeführt.

Im dritten Rahmen steht die wichtige Information, ob Abwassergebühren für Regenwasser bezahlt werden müssen oder nicht. Werden Abwassergebühren für Regenwasser verlangt, so ist oftmals mit einem ungünstigen ökonomischen Ergebnis zu rechnen (s. Abschnitt 7.3 - Warum für Regenwasser keine Abwassergebühren erhoben werden sollten).

Im letzten Rahmen finden Sie eine Gewinn und Verlust-Rechnung für das erste Jahr. Kosten entstehen durch Kreditzinsen (bei Kreditaufnahme), bzw. entgangene Kapitalzinsen (bei Barbezahlung). Weitere Kosten entstehen durch Stromverbrauch und Wartung. Der Gewinn setzt sich zusammen aus den vermiedenen Frischwasserkosten, sowie falls keine Abwassergebühr verlangt wird, zusätzlich aus den vermiedenen Abwassergebühren.

Gesamtergebnis

Vorlage für Briefkopf 19 x 3,5 cm

Regenfall

Investition	
Kosten der gesamten Anlage:	7.100,00 DM
Einmaliger Investitionszuschuß:	0,00 DM
Gesamte Investitionskosten:	7.100,00 DM

Spezifische Betriebskosten	
Frischwassergebühr:	4,85 DM/m³
Abwassergebühr:	5,62 DM/m³
Wartung:	0,00 DM/a
Strom:	0,30 DM/kWh

Abwassergebühr für Regenwasser:	
	Nein

Gewinn und Kosten im ersten Jahr	
Kreditzinsen:	-355,00 DM
Betriebskosten für Strom und Wartung:	-3,21 DM
Gutschrift für eingespartes Trinkwasser:	622,01 DM
Gewinn im ersten Jahr:	263,10 DM

Die Amortisationsdauer beträgt 14,5 Jahre.

Die Berechnungen wurden am 10.08.99 von
S&L TerraSoft GmbH
mit dem Simulationsprogramm Rainwater durchgeführt.

1 of 1 [Cancel] [Print] [Close]

Abbildung 27: Ergebnisdarstellung des ökonomischen Ergebnisses

Am Ende des ökonomischen Ergebnisses wird die Amortisationsdauer der simulierten Regenwasseranlage ausgewiesen. Die Berechnung der Amortisationsdauer bricht bei 99 Jah-

ren ab, d.h. alle Anlagen mit einer höheren oder einer unendlichen Amortisationsdauer weisen das Ergebnis 99 Jahre Amortisationsdauer auf.

5.10.3 Anlagenüberblick

Der Anlagenüberblick (s.Abbildung 28) gibt eine Übersicht über die wichtigsten Parameter der Regenwasseranlage. Aufgerufen wird der Anlagenüberblick im Menü DATEI | ANLAGENÜBERBLICK.

Vorlage für Briefkopf 19 x 3,5 cm

Regenfall

Investition	
Kosten der gesamten Anlage:	7.100,00 €
Einmaliger Investitionszuschuss:	0,00 €
Gesamte Investitionskosten:	7.100,00 €

Spezifische Betriebskosten	
Abwassergebühr:	4,85 €/m³
Abwassergebühr:	5,62 €/m³
Wartung:	0,00 €/a
Strom:	0,30 €/kWh

Abwassergebühr für Regenwasser:	
	Nein

Gewinn und Kosten im ersten Jahr	
Kreditinsen:	-355,00 €
Betriebskosten für Strom und Wartung:	-3,61 €
Gutschrift für eingespartes Trinkwasser:	622,01 €
Gewinn im ersten Jahr:	263,40 €

Die Amortisationsdauer beträgt 14,5 Jahre.

Die Berechnungen wurden am 10.08.99 von
S&L TerraSoft GmbH
mit dem Simulationsprogramm Rainwater durchgeführt.

1 of 1 Cancel Close

Abbildung 28: Anlagenüberblick

5.10.4 Individueller Briefkopf

Durch das Einbinden des firmeneigenen Briefkopfes haben Sie die Möglichkeit die Ergebnisausdrucke individuell an das Layout Ihrer eigenen Briefe anzupassen.

Um Ihren eigenen Briefkopf in alle Ergebnisausdrucke und den Anlagenüberblick einbinden zu können, sollte dieser etwa das Format 19 x 3,5 cm haben. Speichern Sie den Briefkopf als Bitmap unter dem Namen **briefkopf.bmp** im Verzeichnis **Rainwater\Datenbanken** ab. Benennen Sie vorher die mitgelieferte **briefkopf.bmp**-

Datei in `briefkopf.old` um, so daß Sie diese später eventuell wieder verwenden können.

5.11 Standardeinstellungen

5.11.1 Allgemeines

Mit Hilfe der Standardeinstellungen können Sie RAINWATER individuell anpassen und haben zudem die Möglichkeit, die bereits mitgelieferten Datenbanken für Speicher und Filter zu erweitern.

Mit den in den Standardeinstellungen eingestellten Parameter werden alle Anlagenparameter beim Start des Programmes vorbelegt. Ebenso werden diese Werte bei DATEI | NEU automatisch gesetzt.

Zu den Standardeinstellungen gelangen Sie über das Menü DATEI | STANDARDEINSTELLUNGEN.

Das Fenster *Standardeinstellungen* verfügt über mehrere thematisch zusammengehörige Registerblätter, nach denen auch dieses Unterkapitel unterteilt ist.

5.11.2 Klima

Im Registerblatt *Klima* (s. Abbildung 29) erscheinen die Stationsnamen der von Ihnen erworbenen Klimadatensätze. Aus diesen können Sie den Klimadatensatz auswählen, der standardmäßig beim Start des Programmes ausgewählt wird.

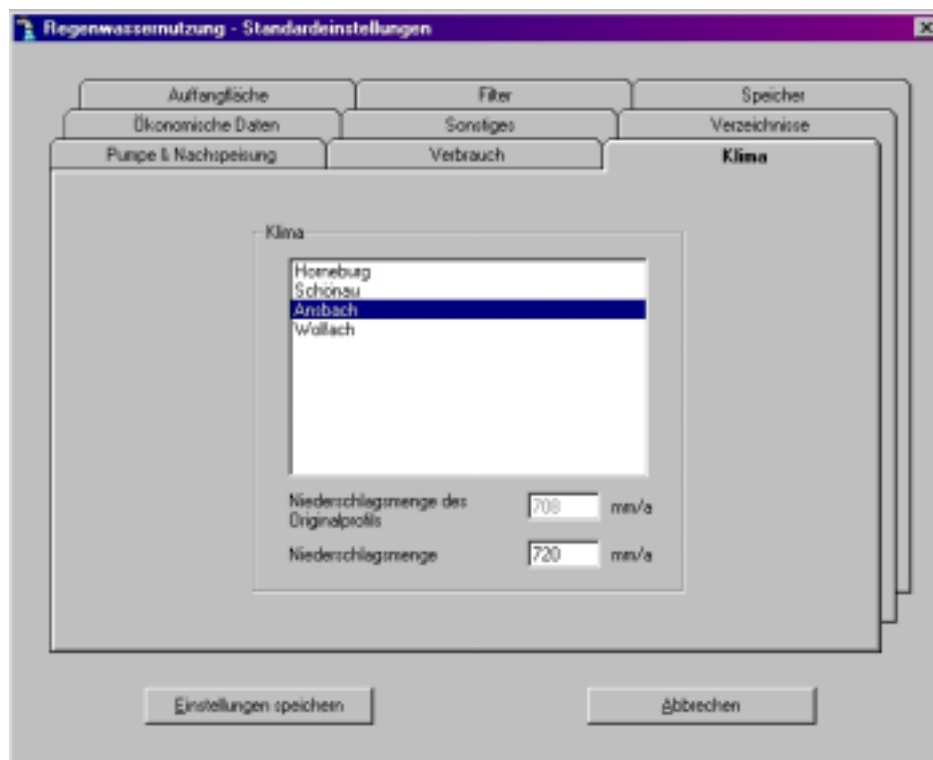


Abbildung 29: Standardeinstellungen – Klima

Im Feld *Niederschlagsmenge des Originalprofils* ist die tatsächliche mittlere Jahresniederschlagsmenge der Wetterstation eingetragen. Dieser Wert kann nicht verändert werden und dient nur zur Anzeige.

Sollten Sie Ihre Regenwasseranlagen immer in derselben Gegend auslegen, und weicht die Jahresniederschlagssumme von der original Niederschlagssumme der Station ab, so können Sie das Originalniederschlagsprofil durch Angabe Ihrer eigenen Niederschlagssumme im Feld *Niederschlagsmenge* skalieren. Dieser Wert wird bei der Simulation verwendet.

5.11.3 Regenauffangfläche

Im Registerblatt *Auffangfläche* (s. Abbildung 30) kann eine Regenauffangfläche vorgewählt werden, die beim Aufruf des Eingabefenster *Regenauffangfläche* markiert ist. Ebenso kann die Größe der *Regenauffangfläche* vorgelegt werden.

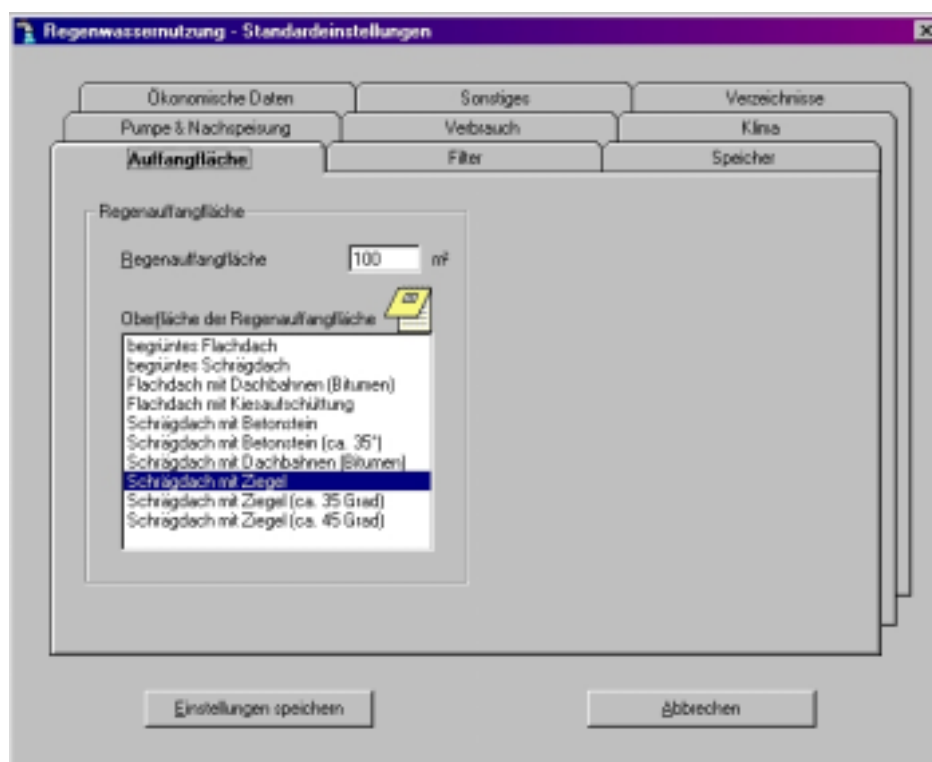


Abbildung 30: Standardeinstellungen - Regenauffangfläche

5.11.4 Filter

Das Registerblatt *Filter* (s. Abbildung 31) ermöglicht die Bestimmung des beim Start vorgewählten Filters und dessen Anzahl im Feld *Anzahl der Filter*.

Eine wichtige Aufgabe des Registerblattes ist es, dem Benutzer zu ermöglichen, die Filter-Datenbank individuell zu erweitern. Dazu stehen die Buttons FILTER HINZUFÜGEN, FILTER ÄNDERN und FILTER ENTFERNEN zur Verfügung (s. Abbildung 31).

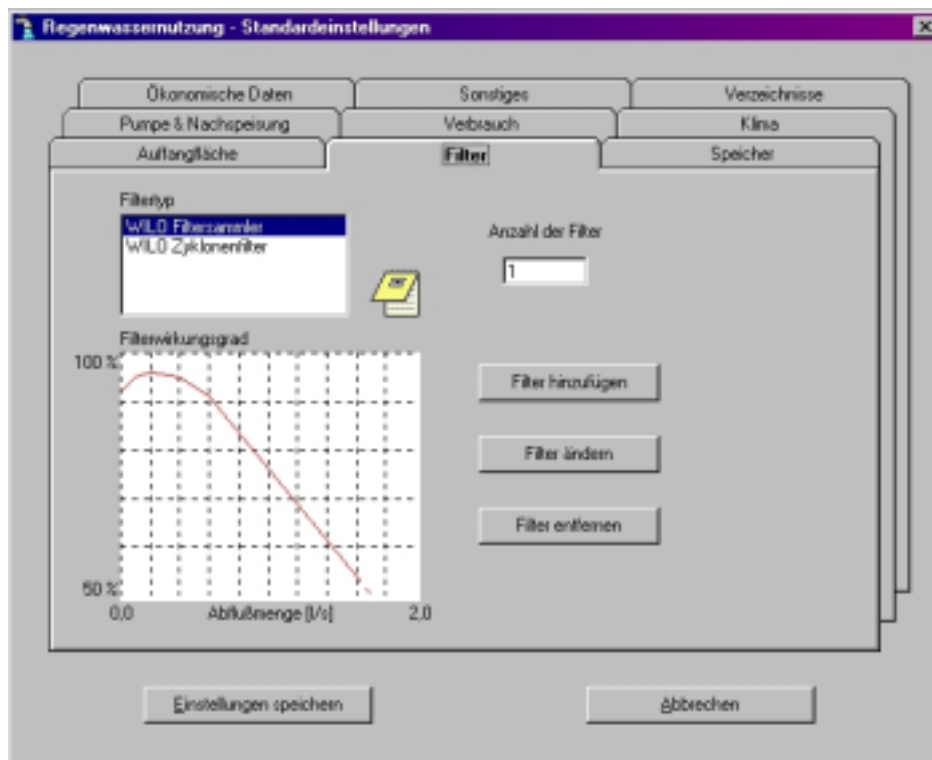


Abbildung 31: Standardeinstellungen – Filter

Durch Drücken des Filter hinzufügen – Buttons erscheint ein Eingabefeld zur Spezifikation der Parameter eines neuen Filters (s. Abbildung 32).

In das Feld *Filtername* muß der Name des Filters eingegeben werden. Dieser muß eindeutig sein, d.h. ein Filtername kann nicht zweimal vergeben werden. In der darunter befindlichen Tabelle kann das Profil des Filterwirkungsgrades durch die Angabe von bis zu sechs Wertepaaren beschrieben werden. Zwischen den angegebenen Punkten wird der Filterwirkungsgrad linear interpoliert, d.h. die Punkte werden durch Geradenstücke verbunden (Polygonzug).

Im Beispiel in Abbildung 32 wurde ein neuer Filter mit dem Namen „Neuer Filter“ angelegt und der Filterwirkungsgrad durch die Angabe von sechs Punkten auf der Filterwirkungsgradkennlinie beschrieben. Durch Anklicken von FILTER ÜBERNEHMEN wird der neue Filter der Auswahlliste *Filtertyp* hinzugefügt und die Kennlinie des Filterwirkungsgrades grafisch angezeigt (s. Abbildung 33).

Sind Sie mit dem Ergebnis nicht zufrieden, so haben Sie die Möglichkeit durch Anklicken des Filters, die Tabelle mit den Filterwirkungsgradwerten nochmals aufzurufen und die Werte zu ändern.

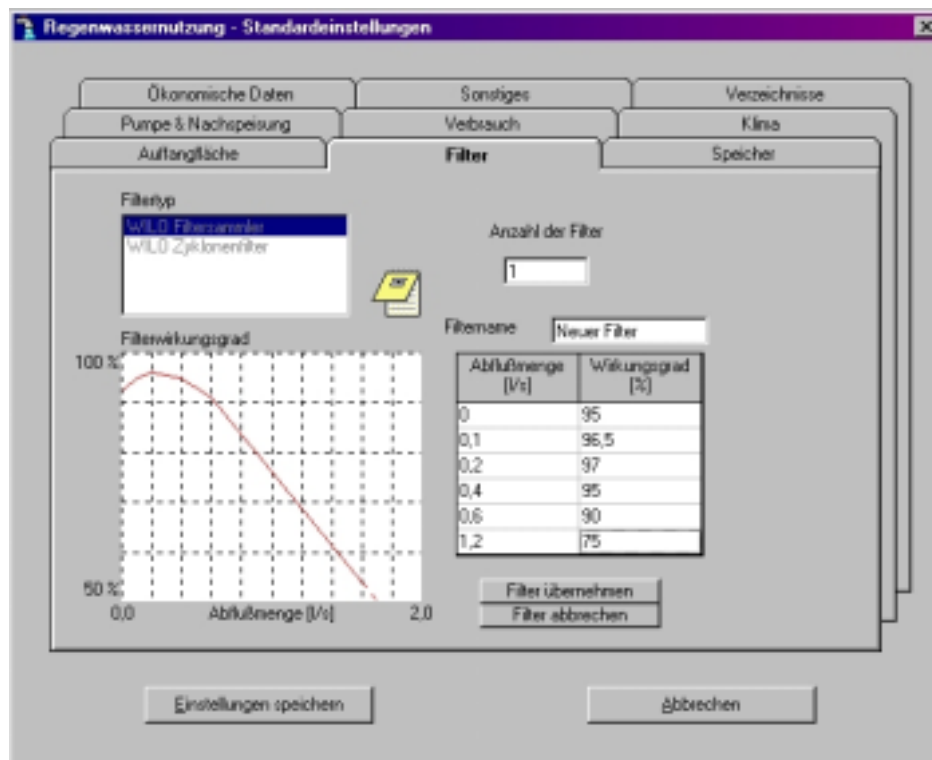


Abbildung 32: Standardeinstellungen – neuen Filter hinzufügen

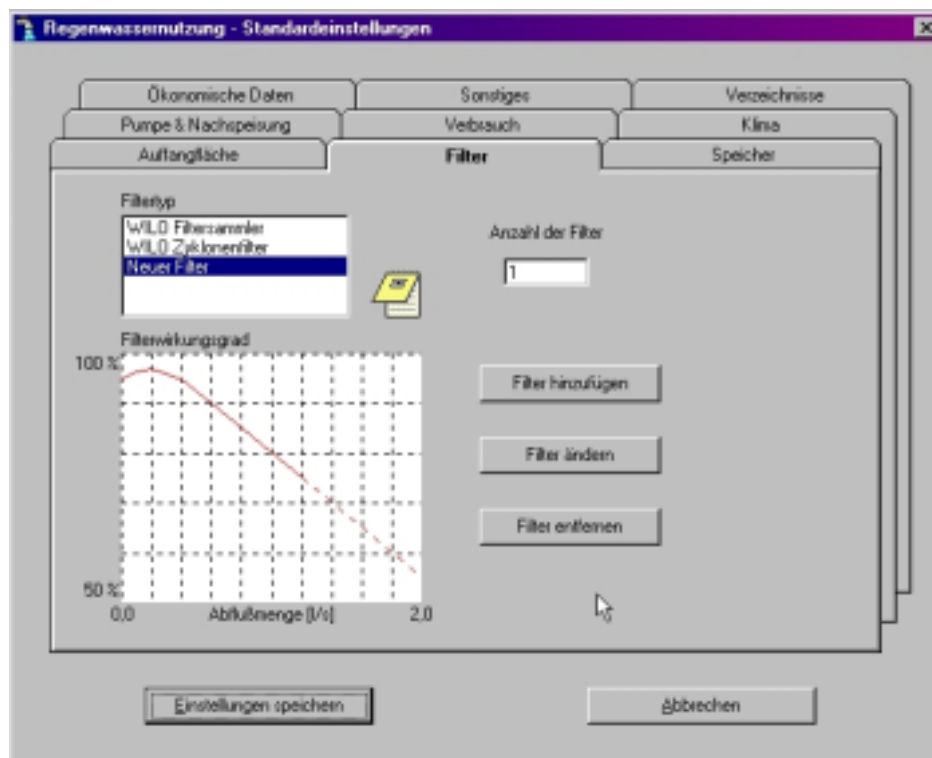


Abbildung 33: Standardeinstellungen – neuer Filter

Benötigen Sie einen selbst hinzugefügten Filter nicht mehr, so können Sie ihn mit FILTER ENTFERNEN wieder löschen.

Anmerkung: Zur Festlegung eines neuen Filters muß dessen Wirkungsgradkennlinie durch mindestens zwei Punkte beschrieben werden!

5.11.5 Speicher

Das Registerblatt *Speicher* (s. Abbildung 34) bietet zum einen die Möglichkeit die Parameter für den Primärspeicher und den Zwischenspeicher voreinzustellen. Dazu befinden sich auf der linken Seite des Registerblattes die Eingabefelder, wie sie schon aus den Eingabefenstern für den Primär- und den Zwischenspeicher (s. Abschnitt 5.8.6 und 5.8.7) bekannt sind.

Anbieter	Volumen	Kosten
Standard	1,0 m³	1.000 DM
Standard	1,5 m³	1.400 DM
Standard	2,0 m³	1.800 DM
Standard	2,5 m³	2.150 DM
Standard	3,0 m³	2.500 DM
Standard	3,5 m³	2.800 DM
Standard	4,0 m³	3.000 DM

Abbildung 34: Standardeinstellungen – Speicher

Zum anderen bietet das Registerblatt *Speicher* die Möglichkeit zur individuellen Erweiterung der Speicher-Datenbank. Bei der Auslieferung von RAINWATER ist diese Datenbank mit Speichern des fiktiven Herstellers „Standard“ gefüllt. Diese Speicher können nicht aus der Datenbank gelöscht werden.

Der Aufbau einer eigenen Speicher-Datenbank

Zum Aufbau einer eigenen Speicher-Datenbank stehen die Eingabefenster *Anbieter*, *Volumen* und *Kosten* zur Verfügung. In das Feld *Anbieter* wird der Anbieter der Speicher eingetragen. Volumen und Kosten der einzelnen Speicher müssen nacheinander eingegeben werden. Nach jeder Eingabe muß der Speicher zur Liste mit HINZUFÜGEN hinzugefügt werden. Mit Hilfe des Buttons ENTFERNEN können die selbst hinzugefügten Speicher wieder entfernt werden.

Im Registerblatt *Sonstiges* (s. Abschnitt 5.11.9) können Sie einstellen, welche Speicher verwendet werden sollen. Die Auswahl erfolgt über die Festlegung des Anbieters.

Regenwassernutzung - Standardeinstellungen

Speicher

Primärspeicher

Anzahl der Speicher: 1

Volumen: 5000 l

Minimaler Füllstand: 5 %

Füllstand bei Nachspeisung in Speicher: 10 %

Zwischenspeicher

Anzahl der Speicher: 1

Volumen: 1000 l

Minimaler Füllstand: 3 %

Füllstand bei Nachspeisung in Speicher: 10 %

Auswahlliste - Regenwasserspeicher

Anbieter: >>>>

Volumen: 5,2 m³

Kosten: 3200 DM

Hinzufügen

Entfernen

Anbieter	Volumen	Kosten
Standard	600,0 m³	123.000 DM
Standard	700,0 m³	140.000 DM
Standard	800,0 m³	152.000 DM
Standard	900,0 m³	162.000 DM
Standard	1000,0 m³	175.000 DM
>>>>	2,4 m³	2.000 DM
>>>>	3,8 m³	2.700 DM

Einstellungen speichern

Abbrechen

Abbildung 35: Standardeinstellungen – Erweiterung der Speicher-Datenbank

5.11.6 Pumpe & Nachspeisung

Das Registerblatt *Pumpe & Nachspeisung* (s. Abbildung 36) ermöglicht die Einstellung der Standardwerte für die beiden Pumpen und den Ort der Nachspeisung.

Regenwassernutzung - Standardeinstellungen

Pumpe & Nachspeisung

Ort der Trinkwassernachspeisung

☒ in Hausstation

☐ in Primärspeicher

☐ in Zwischenspeicher

Pumpe der Hausstation

Leistung: 350 kW

tatsächl. Fördermenge: 2000 l/h

Pumpe zum Zwischenspeicher

Leistung: 500 kW

tatsächl. Fördermenge: 3000 l/h

Einstellungen speichern

Abbrechen

Abbildung 36: Standardeinstellungen – Pumpe & Nachspeisung

Die *Pumpe der Hausstation* ist die Pumpe, die das Wasser in das Regenwassernetz des Gebäudes befördert. Eingeben können Sie die Pumpenleistung, sowie die mittlere tatsächliche Fördermenge der Pumpe.

Die *Pumpe zum Zwischenspeicher* gibt es nur bei Anlagentyp B (mit Zwischenspeicher). Diese Pumpe pumpt das Wasser aus dem Primärspeicher in den Zwischenspeicher. Auch hier ist die Vorgabe von Pumpenleistung und Fördermenge möglich.

Der *Ort der Trinkwassernachspeisung* kann abhängig vom Anlagentyp gewählt werden. Wobei die Einstellung der Trinkwassernachspeisung in der Hausstation sinnvoll ist und nicht unbedingt geändert werden sollte.

5.11.7 Verbrauch

Das Registerblatt *Verbrauch* (s. Abbildung 37) dient zur Einstellung der Standardwerte für die verschiedenen Verbrauchsprofile. Die einzelnen Profile können editiert und angepaßt werden, es können Ferien für die Profile definiert werden und es kann die Anzahl der Verbrauch festgelegt werden.

Die Änderung eines Verbrauchsprofils wirkt sich auf alle zukünftigen Projekte aus. Soll ein Profil nur einmal angepaßt werden, so empfiehlt sich die Änderung des Verbrauchsprofils im Projekt selbst (s. Abschnitt 5.8.9) und nicht eine Änderung des Profils in den Standardeinstellungen!

Abbildung 37: Standardeinstellungen – Verbrauch

Bei den Verbrauchsprofilen wird unterschieden in regelmäßige Verbraucher, zufällige Verbraucher und das Verbrauchsprofil zur Garten- und Grünflächenbewässerung. Regelmäßige Verbraucher verbrauchen jeden festgelegten Tag dieselbe Menge an Wasser. Zufällige Verbraucher hingegen sind durch ihren Verbrauch pro Nutzung und die Anzahl der Nutzungen pro Woche definiert. Die Verbrauchstage werden jede Woche aufs neue zufällige

ermittelt. Das Garten- und Grünflächenbewässerungsprofil wird nur an solchen Tagen in Anspruch genommen, an denen ein Gießen notwendig ist (s. Abschnitt 4.6).

Aufbau einer eigenen Datenbank an Verbrauchsprofilen

Der Button NEUES PROFIL ermöglicht den Aufbau einer Datenbank mit eigenen Verbrauchsprofilen.

Abbildung 38: Standardeinstellungen – Neues Verbrauchsprofil hinzufügen

Im Feld *Verbrauchsprofil* (s. Abbildung 38) müssen Sie den Namen des Profils angeben. Anschließend können Sie die Verteilung des Verbrauchs über den Tag eingeben. Dabei wird unterschieden in Werktag und Wochenendtag. Die Verbrauchswerte sind spezifische Werte (bezogen auf den Tagesverbrauch). Zur Kontrolle Ihrer Eingabe wird im Feld *Summe* die Summe der spezifischen Werte angezeigt. Dieser Wert muß zwischen 90 und 110% liegen. Zum Schluß müssen Sie noch den Verbrauch pro Verbraucher bzw. pro Nutzung angeben und dann auf ÜBERNEHMEN klicken, um das neue Profil in die Datenbank zu übernehmen.

Das selbst definierte Profil steht von nun in allen neuen Projekten zur Verfügung und kann in jedem Projekt nochmals individuell angepaßt werden.

5.11.8 Ökonomische Daten

Das Registerblatt *Ökonomische Daten* (s. Abbildung 39) erlaubt es die Vorbelegung bestimmter ökonomischer Parameter festzulegen. Sinnvoll ist die Festlegung der Stromkosten, der Währung, des Kapitalzinses und der jährlichen Preissteigerungsraten, da diese Werte selten angepaßt werden müssen.

Weniger sinnvoll ist die Festlegung von Kosten, da diese sich von Projekt zu Projekt ändern können.

The screenshot shows the 'Regenwassernutzung - Standardeinstellungen' dialog box with the 'Ökonomische Daten' tab selected. The dialog has several tabs: 'Pumpe & Nachspeisung', 'Verbrauch', 'Klima', 'Aufangfläche', 'Filter', 'Speicher', 'Ökonomische Daten', 'Sonstiges', and 'Verzeichnisse'. The 'Ökonomische Daten' tab contains the following fields:

- Investitionskosten:**
 - Primärspeicher: 0 DM
 - Haustation & T/W-Nachspeisung: 0 DM
 - Installationskosten & Leitungsnetz: 0 DM
 - Sonstiges: 0 DM
 - einmaliger Investitionszuschuß: 0 DM
- Jährliche Preisteigerungsrate:**
 - Strom: 0,5 %
 - Wartung: 0,0 %
 - Frischwasser: 1,0 %
 - Abwasser: 1,5 %
- Wassergebühren:**
 - Frischwasser: 3,96 DM/m³
 - Abwasser: 5,10 DM/m³
 - Abwassergebühr: ☒ nein ☐ ja
- Zinsen:**
 - Kapitalzins: 5,0 %
- Sonstige Kosten:**
 - Stromkosten: 0,30 DM/kWh
 - Wartung: 0 DM/a
- Währung:**
 - ☒ DM
 - ☐ Euro

Buttons at the bottom: 'Einstellungen speichern', 'Abbrechen'.

Abbildung 39: Standardeinstellungen – Ökonomische Daten

5.11.9 Sonstiges

Das Registerblatt *Sonstiges* (s. Abbildung 40) ermöglicht die Einstellung des beim Start vorgegebenen Anlagentyps, sowie die Festlegung der Optimierungsdauer.

The screenshot shows the 'Regenwassernutzung - Standardeinstellungen' dialog box with the 'Sonstiges' tab selected. The dialog has several tabs: 'Pumpe & Nachspeisung', 'Verbrauch', 'Klima', 'Aufangfläche', 'Filter', 'Speicher', 'Ökonomische Daten', 'Sonstiges', and 'Verzeichnisse'. The 'Sonstiges' tab contains the following fields:

- Anlagentyp:**
 - ☒ Anlagentyp A (nur Primärspeicher)
 - ☐ Anlagentyp B (mit Zwischenspeicher)
- Speicheranbieter:**
 - Standard
 - Standard
 - XXX
- Optimierungsdauer:**
 - Beginn der Optimierung (1980 - 1997): 1992
 - Ende der Optimierung (1980 - 1997): 1997
- Simulationsschritte:**
 - ☐ Stundenwerte
 - ☒ Tageswerte

Buttons at the bottom: 'Einstellungen speichern', 'Abbrechen'.

Abbildung 40: Standardeinstellungen – Sonstiges

Achtung: die Optimierungsdauer sollte nicht zu kurz gewählt werden, da mit echten Wetterdaten gerechnet wird und man unter Umständen einen Zeitraum wählt, der sehr untypisch (beispielsweise zu trocken) ist.

Außerdem kann die Simulationsschrittweite vorgewählt und der standardmäßig verwendete Speicheranbieter gewählt werden. Die Einstellung des Speicheranbieters entscheidet darüber, welche Speicher im Eingabefenster *Ökonomie* (s. Abbildung 20) angezeigt werden. Entscheidend ist der Speicheranbieter auch für die Belegung der Felder im Fenster *Speicherkosten für Optimierung* (s. Abbildung 22).

Nach der Installation von RAINWATER gibt es nur den Anbieter „Standard“. Im Beispiel (s. Abbildung 40) wurde die Datenbank schon um einen weiteren Anbieter „XXX“ erweitert (s. Abschnitt 5.11.5).

5.11.10 Verzeichnisse

Das Registerblatt *Verzeichnisse* (s. Abbildung 41) ermöglicht die Festlegung der Verzeichnisse für die Anlagen und für die Ergebnisse. Voreingestellt ist, daß die Anlagen im Verzeichnis „C:\Programme\RainWater\Anlagen“ und die Ergebnisse im Verzeichnis „C:\Programme\RainWater\Ergebnisse“ gespeichert werden.

Der Anwender kann an dieser Stelle jedoch auch eine andere Einstellung vornehmen, so daß in Zukunft andere Verzeichnisse verwendet werden.

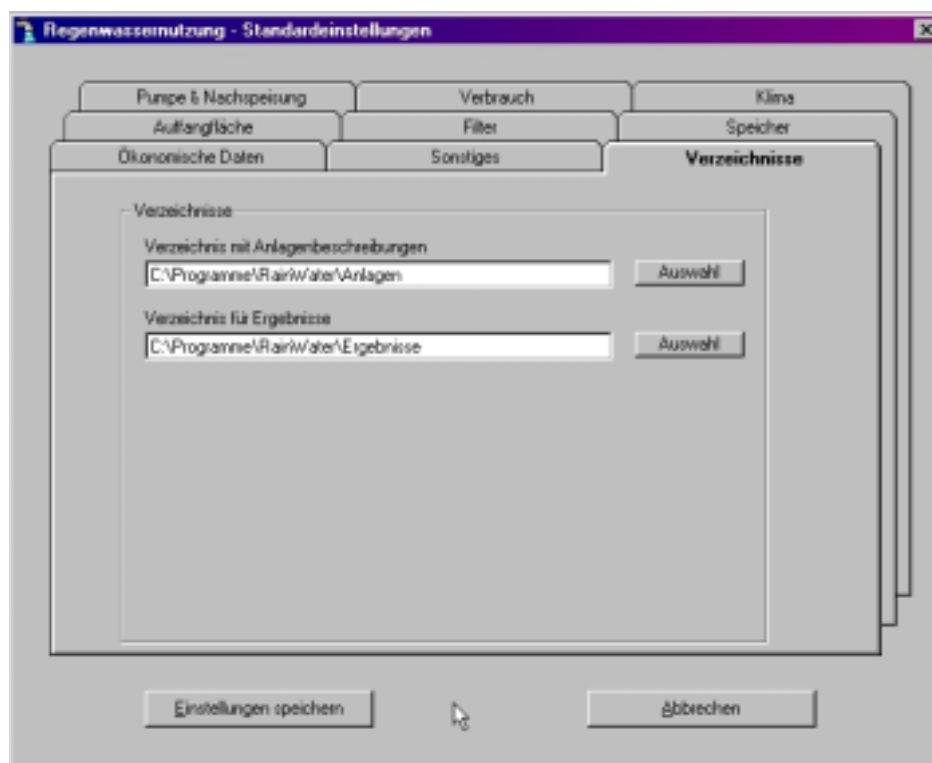


Abbildung 41: Standardeinstellungen – Verzeichnisse

6 Beispiel zur Auslegung einer Regenwassernutzungsanlage mit RAINWATER

Im nachfolgenden Kapitel wird die praktische Arbeit mit dem Simulationsprogramm RAINWATER anhand eines Beispiels zur Auslegung einer Regenwasseranlage für ein Einfamilienhaus erläutert.

Das hier gezeigte Beispiel einer Regenwasseranlage finden Sie nach der Installation von RAINWATER in der Datei `beispiel.anl` im Unterverzeichnis „Anlagen“.

6.1 Beispiel: Regenwassernutzungsanlage für ein Einfamilienhaus

Familie Regenfall will in Wetterstadt ein Einfamilienhaus bauen und für verschiedene Anwendungsbereiche im Gebäude Regenwasser nutzen. Für dieses Beispiel ist mit Hilfe von RAINWATER eine Regenwassernutzungsanlage auszulegen. Der Regenwasserertrag wird bestimmt durch die anschließbaren Auffangflächen. Dies sind zum einen ein Ziegeldach mit einer Fläche von 120 m² und einer Neigung von 35°, sowie das bekieste Garagenflachdach mit einer Fläche von 40 m².

Der Abfluß des Regenwassers erfolgt über drei Regenfallrohre, die zur Reinigung des Dachabflußwassers in einen Wirbelfilter münden.

Das gesammelte Regenwasser soll in einer unterirdischen Zisterne gespeichert werden. Im Falle einer Unterschreitung des minimalen Füllstandes der Zisterne soll die Trinkwassernachspeisung in der Hausstation erfolgen.

Der Bedarf wird bestimmt durch die Art der Regenwassernutzung im Haushalt. In diesem Beispiel wohnt eine Familie mit zwei Kindern in dem Einfamilienhaus. Eine Person ist berufstätig, die anderen drei nicht. Das zur Verfügung stehende Regenwasser soll genutzt werden für die Toilettenspülung, die Waschmaschine, zum Putzen und Blumengießen im Haus, sowie im Sommer zur Bewässerung des Gartens.

Die Wassergebühren betragen 4,85 DM/m³ fürs Frischwasser und 5,62 DM/m³ für das Abwasser. Für die Einleitung von Regenwasser aus einer Regenwassernutzungsanlage in die Kanalisation werden keine Abwassergebühren verlangt.

6.2 Auswahl des Anlagentyps

Im Bereich von Einfamilienhäusern wird zusätzlich zur Zisterne meist kein Zwischenspeicher im Gebäude installiert. Daher ist der Anlagentyp A zu wählen. Dieser Anlagentyp wird – sollten Sie Ihre Standardeinstellungen nicht verändert haben – bei einer neuen Anlage standardmäßig ausgewählt.

6.3 Die Nutzerdaten

Abbildung 42 zeigt die Nutzerdaten der Beispiel-Regenwasseranlage. Zum Ausprobieren des Beispiels werden jedoch keine Nutzerdaten benötigt.

Regenwassernutzung-Nutzeradresse

Kundendaten

Firma

Nachname
Regenfall

Vorname
Günther

Straße
Sonnensteinweg

Hausnummer
1

Postleitzahl
76543

Ort
Wetterstadt

Telefon
07002 - 12345

Fax
07002 - 12346

e-mail
günther.regenfall@t-online.de

Bemerkung

OK Abbrechen

Abbildung 42: Beispiel - Adresse

6.4 Das Klima

Wetterstadt soll in der Klimaregion 6 (s. Karte mit Klimaregionen, Abschnitt 5.8.3) liegen. Als Klimadatenatz muß daher der Klimadatenatz Ansbach ausgewählt werden (s. Abbildung 43). Im Feld langfristige Jahresniederschlagssumme erscheint der Wert der ausgewählten Station. Ist das langfristige Jahresmittel des Niederschlages von Wetterstadt bekannt, so kann an dieser Stelle der Jahresniederschlag von Wetterstadt eingegeben werden. Die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme von Wetterstadt soll als Beispiel 820 mm pro Quadratmeter und Jahr betragen.

Anlagenparameter - Klimadaten

Klima

Homeburg
Schönbau
Ansbach
Wolfrath

Niederschlagsmenge 820 mm/a

OK Abbrechen

Abbildung 43: Beispiel - Klimadaten

6.5 Die Regenauffangfläche (Dach)

Die gesamte Regenauffangfläche setzt sich zusammen aus dem Schrägdach (125 m²) und dem Flachdach (40 m²).

Zuerst erfolgt die Eingabe der Parameter für das Schrägdach. Dazu ist die Fläche 125 m² einzugeben. Aus der Liste *Oberfläche der Regenauffangfläche* ist dann das „Schrägdach mit Ziegel (ca. 35°)“ auszuwählen. Da es sich um ein symmetrisches Satteldach handelt gibt es keine bevorzugte Ausrichtung der Auffangfläche. Die Auswahl wird der Liste *Ausgewählte Regenauffangfläche(n)* hinzugefügt. Anschließend erfolgt die Eingabe der Daten für das Flachdach.

Abbildung 44 zeigt das Eingabefenster *Regenauffangfläche* mit den ausgewählten Auffangflächen.

The screenshot shows a software window titled "Anlagenparameter-Regenauffangfläche". It is divided into two main sections. The left section, titled "Regenauffangfläche", contains a text box for "Regenauffangfläche" with the value "40" and a unit "m²". Below it is a list box titled "Oberfläche der Regenauffangfläche" with a yellow arrow icon. The list contains several options, with "Flachdach mit Kiesaufschüttung" highlighted. Below the list box are radio buttons for "Bevorzugte Ausrichtung der Auffangfläche": "keine" (selected), "Nord", "Ost", "Süd", and "West". The right section, titled "Ausgewählte Regenauffangfläche(n)", contains a table with the following data:

Nr.	Regenauffangfläche	Fläche [m²]	Ausrichtung
1	Schrägdach mit Ziegel (ca. 35 Grad)	125	keine
2	Flachdach mit Kiesaufschüttung	40	keine

At the bottom of the window are buttons for "OK" and "Abbrechen".

Abbildung 44: Beispiel - Regenauffangfläche

6.6 Filter

Abbildung 45 zeigt die Eingabe der Parameter für den Wirbelfilter. Die Anzahl der Filter beträgt 1 und aus der Auswahlliste wurde der „WILO Zyklonenfilter“ ausgewählt.

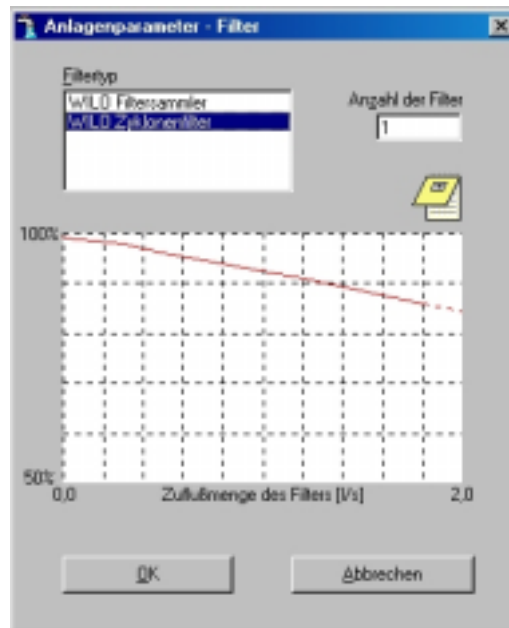


Abbildung 45: Beispiel - Filter

6.7 Regenwasserspeicher

Anlagentyp A ist eine Anlage ohne Zwischenspeicher. Daher müssen für dieses Beispiel auch nur die Parameter des Primärspeichers angegeben werden.

Verwendet wird ein Speicher mit einem Volumen von zunächst 4.000 Litern. Das endgültige Volumen wird erst durch der Optimierung bestimmt.

Der minimale Füllstand, bis zu dem der Speicher entleert werden kann beträgt 5% des Speichervolumens.

Da die Nachspeisung in der Hausstation und nicht in den Speicher erfolgt, ist der *Füllstand bei Nachspeisung in Primärspeicher* nicht relevant. Welcher Wert in dieses Feld eingetragen ist, spielt bei der Nachspeisung in der Hausstation für die Simulation und die Optimierung keine Rolle (wird nur bei Nachspeisung in Speicher berücksichtigt).

Abbildung 46: Beispiel - Primärspeicher

6.8 Hausstation und Pumpe

Im Eingabefenster Hausstation (s. Abbildung 47) wird der Ort der Trinkwassernachspeisung festgelegt. Im Normalfall wird das Trinkwasser in der Hausstation nachgespeist, so auch in diesem Beispiel.

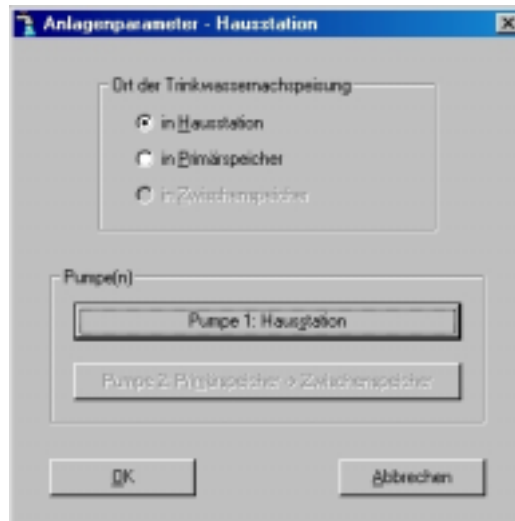


Abbildung 47: Beispiel - Hausstation

Die Regenwasseranlage verfügt über eine Pumpe (*Pumpe 1: Hausstation*), die das Wasser in das Regenwassernetz des Gebäudes pumpt. Zur Berechnung der jährliche Betriebskosten, die durch Hilfsstrom zum Betrieb der Pumpe verursacht werden, müssen die Pumpenparameter festgelegt werden (s. Abbildung 48).

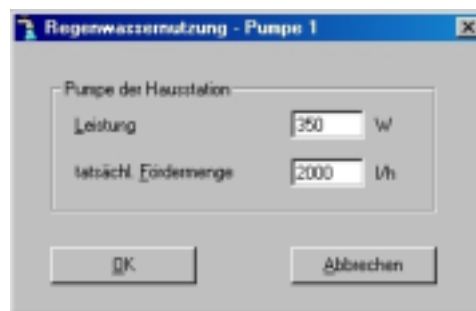


Abbildung 48: Beispiel - Pumpe

6.9 Verbrauch im Haus

Der Verbrauch von Regenwasser im Haus setzt sich zusammen aus dem Verbrauch für Toilettenspülung, Waschmaschine, Gießen im Haus und Putzen.

Bei der Festlegung der Verbrauchsprofile kann unterschieden werden in regelmäßige und zufällige Verbraucher (s. Abbildung 49).

Regelmäßige Verbraucher sind die Toiletten. In diesem Beispiel können werktätige und nichtwerktätige Personen unterschieden werden. Zwei Personen arbeiten und zwei sollen zu hause sein. Für die arbeitenden Personen ist das Profil „WC – werktätige Person“ zu

wählen, für die übrigen Personen das Profil „WC – nicht werktätige Person“. Der Tagesverbrauchswert des Profils wird übernommen und es werden keine Ferien definiert.

Waschmaschine, Blumen gießen und Putzen sind zufällige Verbraucher. Für die Waschmaschine wird festgelegt, daß sie fünf mal pro Woche genutzt wird und pro Waschgang 50 Liter Wasser benötigt. Gewaschen werden darf an allen Wochentagen (Werktags und Wochenende). Putzen und Blumen gießen wird als Sonstiger Verbrauch zusammengefaßt. Dabei wird festgelegt, daß dafür zweimal pro Woche jeweils 30 Liter Wasser benötigt werden. Geputzt und gegossen werden darf ebenfalls an allen Wochentagen.

Anlagenparameter - Wasserverbrauch im Haus

Regelmäßiger Wasserverbrauch (Toilette, ...)

Verbrauchsprofil Nr.1: WC - werktätige Person [Editieren]

Anzahl der Verbraucher: 2

Werktag: 50 l

Wochenende: 70 l [Ferien]

Verbrauchsprofil Nr.2: WC - nicht werktätige Person [Editieren]

Anzahl der Verbraucher: 2

Werktag: 70 l

Wochenende: 70 l [Ferien]

Zufälliger Wasserverbrauch (Waschmaschine, Putzen, ...)

Verbrauchsprofil Nr.3: Waschmaschine [Editieren]

Nutzungen pro Woche: 5

Verbrauch pro Nutzung: 50 l

☒ Werktag ☒ Wochenende [Ferien]

Verbrauchsprofil Nr.4: Sonstiger Verbrauch [Editieren]

Nutzungen pro Woche: 2

Verbrauch pro Nutzung: 30 l

☒ Werktag ☒ Wochenende [Ferien]

OK Abbrechen

Abbildung 49: Beispiel – Wasserverbrauch im Haus

6.10 Verbrauch im Garten

Der Verbrauch im Garten tritt nur im Sommer auf. Familie Regenfall hat eine zu bewässernde Gartenfläche von 100 m². Dafür benötigt sie an einem trockenen Sommertag etwa 1,5 Liter Wasser pro Quadratmeter. Die Eingabe dieser Werte zeigt Abbildung 50.

Anlagenparameter - Wasserverbrauch im Garten

Garten

Bewässerte Fläche: 100 m²

Wassermenge an einem trockenen Sommertag: 1.5 l/m²

Editieren

OK Abbrechen

Abbildung 50: Beispiel - Wasserverbrauch im Garten

6.11 Ökonomische Parameter

Für die Optimierung und die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Eingabe von ökonomischen Eckdaten notwendig. Abbildung 51 zeigt die eingegebenen ökonomischen Parameter.

Als Speichergröße wurde ein 4.000 Liter Speicher vorgewählt, welcher 3.000 DM kostet. Die Kosten für Hausstation und Trinkwassernachspeisung belaufen sich auf 1.500 DM, für die Installation und das Leitungsnetz auf 2.600 DM. Zusätzlich fallen sonstige Kosten in Höhe von 500 DM an.

Die Kreditzinsen sollen 5,0% betragen.

Frischwasser kostet 4,85 DM/m³. Abwasser liegt bei 5,62 DM/m³. Für die Nutzung von Regenwasser muß in Wetterstadt keine Abwassergebühr bezahlt werden.

Strom kostet 0,30 DM/kWh. Wartungskosten fallen keine an, da der Filter einmal im Jahr vom Besitzer selbst gereinigt wird.

Die Preissteigerungsraten wurden aus den Standardeinstellungen übernommen.

Währung	
Ökonomische Parameter	
Primärspeicher	3.000 DM
Hausstation und Trinkwassernachspeisung	1.500 DM
Installationskosten & Leitungsnetz	2.600 DM
Sonstiges	500 DM
einmaliger Investitionszuschuß	0 DM
Zinsen	
Kapitalzins	5.0 %
Wassergebühren	
Frischwasser	4.85 DM/m³
Abwasser	5.62 DM/m³
Abwassergebühren für Regenwasser	
☒ nein ☐ ja	
Sonstige Kosten	
Stromkosten	0.30 DM/kWh
Wartung	0 DM/a
Jährliche Preissteigerungsraten	
Strom	0.5 %
Wartung	0.0 %
Frischwasser	1.0 %
Abwasser	1.5 %

Abbildung 51: Beispiel - Ökonomische Parameter

6.12 Speichern der Regenwasseranlage

Nach der Festlegung aller Anlagenparameter werden die vorgenommenen Einstellungen gespeichert (s Abbildung 52). Damit steht das Projekt für eine spätere Überarbeitung immer wieder zur Verfügung. (**Achtung:** Speichern bei der Demoversion nicht möglich!).

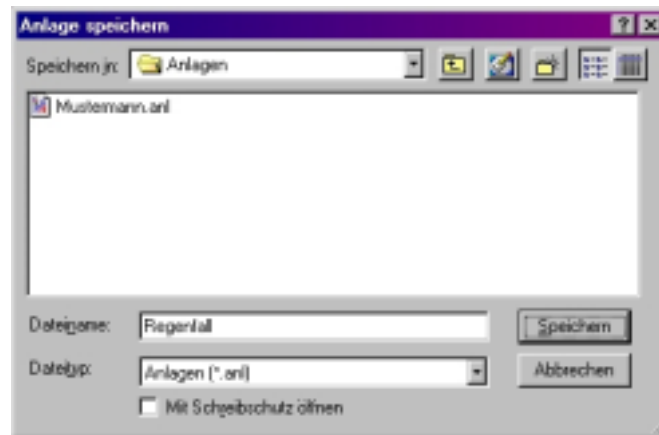


Abbildung 52: Beispiel - Speichern der Regenwasseranlage

6.13 Auslegung und Simulation

6.13.1 Optimierung

Zur Bestimmung des optimalen Speichervolumens wird eine Optimierungsrechnung durchgeführt. Dazu wird der Menüpunkt SIMULATION | OPTIMIERUNG aufgerufen. Es erscheint das Optimierungsfenster (s. Abbildung 53).

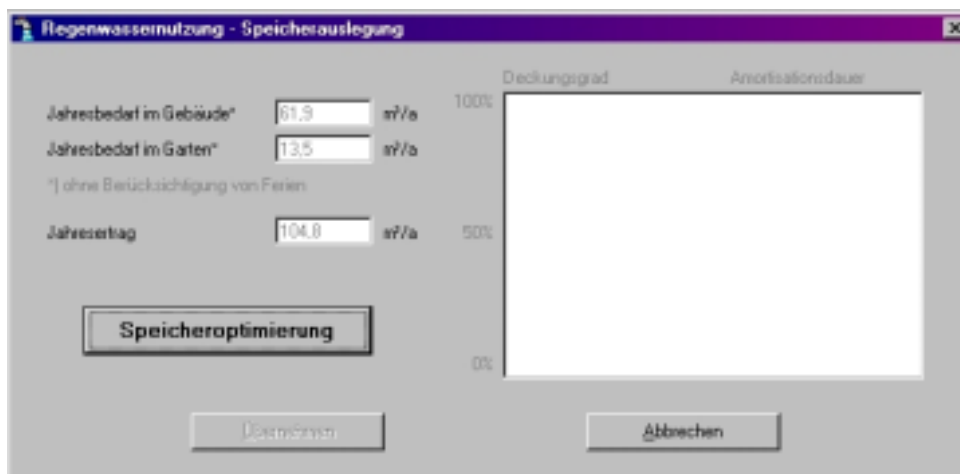


Abbildung 53: Beispiel - Optimierung

Im Optimierungsfenster wird der Jahresbedarf im Gebäude und der Jahresbedarf im Garten angezeigt. Zusätzlich erscheint der Jahresertrag. Im vorliegenden Beispiel ist der Ertrag etwa 1,4 mal so groß wie der Bedarf.

Wird nun die SPEICHEROPTIMIERUNG-Taste gedrückt, so erscheint das Fenster mit den Speicherkosten für die Optimierung (s. Abbildung 54).

Währung	Speichergröße (Liter)	Kosten (DM)
1.000 Liter	1.000	DM
1.500 Liter	1.400	DM
2.000 Liter	1.800	DM
2.500 Liter	2.150	DM
3.000 Liter	2.500	DM
3.500 Liter	2.800	DM
4.000 Liter	3.000	DM
4.500 Liter	3.200	DM
5.000 Liter	3.400	DM
6.000 Liter	3.750	DM
7.000 Liter	4.200	DM

Abbildung 54: Beispiel - Speicherkosten für Optimierung

Bei der groben Auslegung der Zisterne wurde eine Speichergröße von 3.500 Litern ermittelt. Dieser Wert erscheint im Auswahlfeld des sechsten Speichers.

Die vorgeschlagenen Speichergrößen und die Speicherkosten werden übernommen und das Fenster mit OK beendet. Dies schließt das SPEICHERKOSTEN FÜR OPTIMIERUNG – Fenster und startet die Optimierungsrechnung.

Nach Beendigung der Optimierungsrechnung erscheint das Optimierungsergebnis (s. Abbildung 55). Vorgeschlagen wird ein Speicher mit 3.000 Liter Volumen. Der Deckungsgrad liegt bei 80,1% und die Amortisationsdauer beträgt 14,0 Jahre.

Mit der Maus können Sie nun in das Ergebnisanzeige-Fenster klicken, um die Deckungsgrade und die Amortisationsdauern der übrigen Speicher anzusehen.

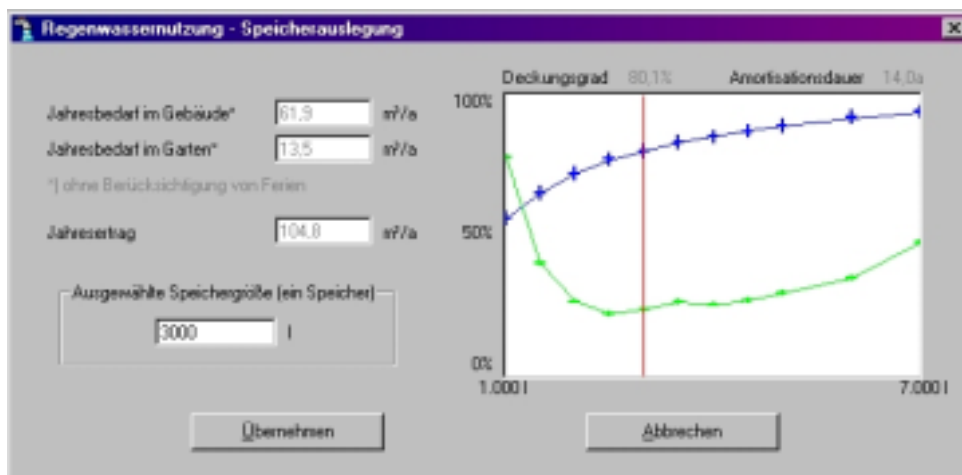


Abbildung 55: Beispiel - Optimierungsergebnis

Klicken Sie nun auf den ÜBERNEHMEN-Button, um die Zisterne mit einem Volumen von 3.000 Litern als neuen Primärspeicher zu übernehmen. Die Kosten des 3.000 Liter Speichers werden dabei automatisch in die Ökonomischen Parameter übernommen.

6.13.2 Simulation

Nachdem das optimale Volumen für den Primärspeicher ermittelt wurde, wird die Simulationsrechnung gestartet. Wählen Sie dazu den Menüpunkt SIMULATION | SIMULATION.

Als erstes werden Sie nach dem Namen der Ergebnisdatei gefragt. Übernehmen Sie den vorgeschlagenen Namen oder geben Sie einen anderen Namen ein. Nach der Festlegung des Namens erscheint das SIMULATION-Fenster (s. Abbildung 56).

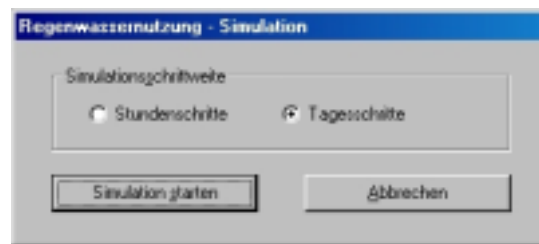


Abbildung 56: Beispiel - Start der Simulation

Starten Sie die Simulation mit Tagesschritten, indem Sie als Schrittweite TAGESSCHRITTE wählen und den Button SIMULATION STARTEN anklicken.

6.14 Simulationsergebnisse

Nach Beendigung der Simulationsrechnung können Sie sich die Simulationsergebnisse anzeigen lassen. Wählen Sie hierzu aus dem Menü ERGEBNISSE die gewünschte Ergebnisdarstellung. Das Gesamtergebnis des berechneten Beispiels ist in Abbildung 57 dargestellt, das ökonomische Ergebnis in Abbildung 58.

6.14.1 Gesamtergebnis

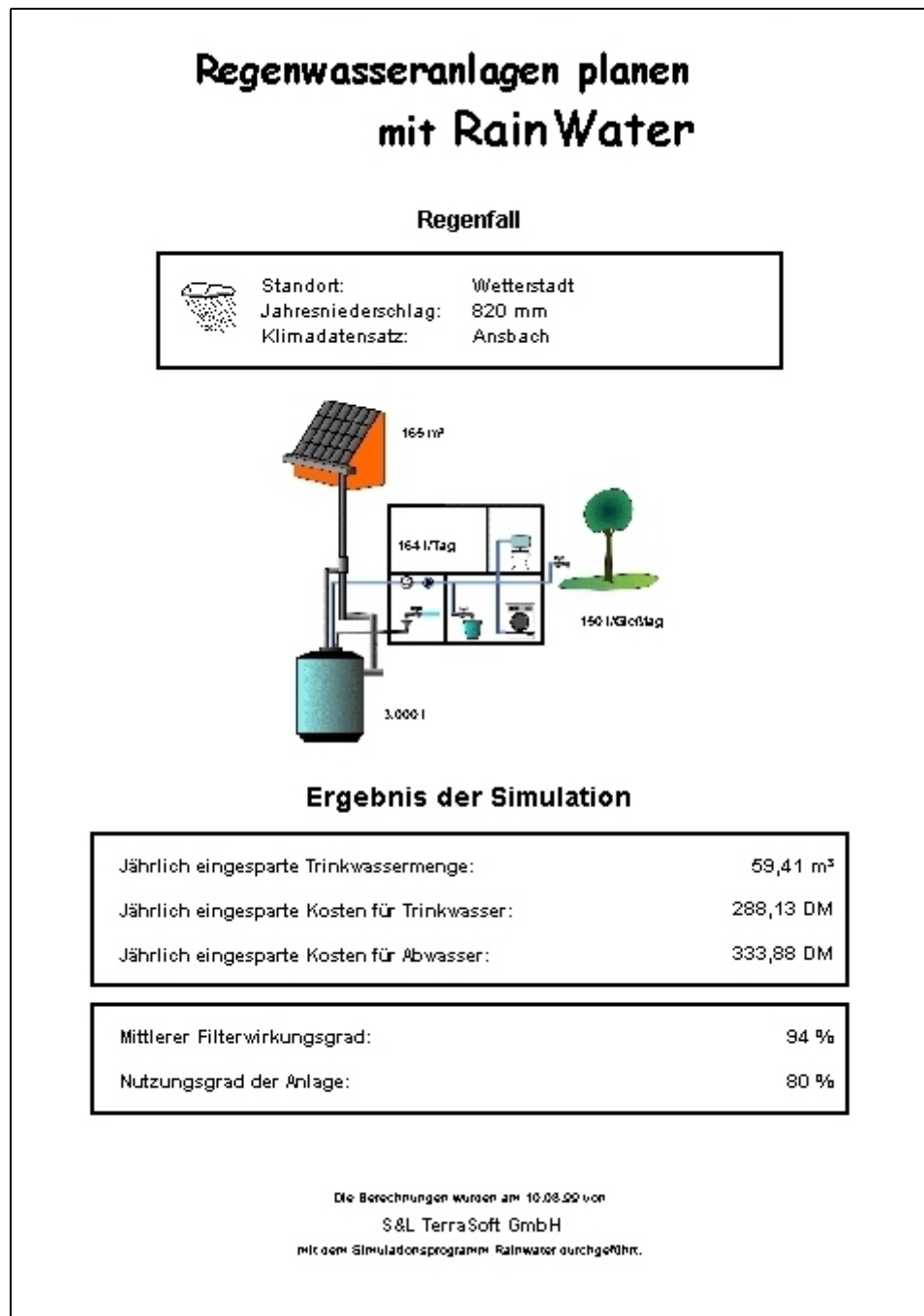


Abbildung 57: Beispiel - Gesamtergebnis

6.14.2 Ökonomisches Ergebnis

Regenwasseranlagen planen mit RainWater

Regenfall



Investition

Kosten der gesamten Anlage:	7.100,00 DM
Einmaliger Investitionszuschuß:	0,00 DM
Gesamte Investitionskosten:	7.100,00 DM



Spezifische Betriebskosten

Frischwassergebühr:	4,85 DM/m³
Abwassergebühr:	5,62 DM/m³
Wartung:	0,00 DM/a
Strom:	0,30 DM/kWh



Abwassergebühr für Regenwasser:

Nein



Gewinn und Kosten im ersten Jahr

Kreditzinsen:	-355,00 DM
Betriebskosten für Strom und Wartung:	-3,91 DM
Gutschrift für eingespartes Trinkwasser:	622,01 DM
Gewinn im ersten Jahr:	263,10 DM

Die Amortisationsdauer beträgt **14,5** Jahre.

Die Berechnungen wurden am 10.08.20 von
S&L TerraSoft GmbH
mit dem Simulationsprogramm Rainwater durchgeführt.

Abbildung 58: Beispiel - Ökonomisches Ergebnis

7 Regenrückhaltung durch Regenwasseranlagen

7.1 Regenrückhaltebecken und Kläranlagen

Dimensioniert werden Kanalisationen und Kläranlagen nicht nach den Abwassermengen aus den Haushalten, sondern aufgrund der zu erwartenden Starkregen in einem Gebiet. Zur Entlastung der Kläranlage werden zusätzlich große zentrale Regenrückhaltebecken gebaut, da sonst das Abwasser ungeklärt in den Vorfluter (Bsp. Fluß) fließen würde und die Betreiber der Kläranlage und damit die Gebührenzahler dafür bezahlen müssen.

7.2 Dezentrale Regenrückhaltung

Anlagen zur Regenwassernutzung mit Zisternen leisten einen Beitrag zur dezentralen Rückhaltung von Regen. Werden Regenwassernutzungsanlagen flächendeckend eingesetzt, so können die Spitzenzuflüsse zur Kanalisation bei Starkregen reduziert werden. Das bedeutet, daß die Kanalisation kleiner ausgeführt werden kann. Ebenso kann das Volumen von großen Regenrückhaltebecken reduziert werden.

Berücksichtigt man all diese Punkte bereits während der Planung eines zukünftigen Siedlungsgebietes, so können durch die dezentrale Regenrückhaltung mit Zisternen erhebliche Kosten bei der Entwässerung eingespart werden. Noch effizienter ist die Versickerung des Zisternenüberlaufs vor Ort – das ist jedoch von der Bodenbeschaffenheit und dem Grundwasserspiegel abhängig.

7.3 Warum für Regenwasser keine Abwassergebühren erhoben werden sollten

Die oben aufgeführten Argumente sind eigentlich schon Grund genug von einer Abwassergebühr für Regenwasser abzusehen. Werden trotzdem (unsinniger Weise) Abwassergebühren verlangt, so zeigt die Praxis, daß dies zu einem vermehrten Bau von Schwarzanlagen führt. Der Wasserversorger (d.h. die Kommune) verliert damit die Kontrolle über die Einhaltung von technischen Standards bei den Regenwasseranlagen.

Wird auf die Erhebung von Abwassergebühren verzichtet, so melden die meisten Regenwassernutzer ihre Regenwasseranlagen ordnungsgemäß an. Eine hundertprozentige Anmeldequote erreichen die Kommunen, die 500,- oder gar 1.000,- DM Zuschuß pro Regenwasseranlage geben. Daß ein solcher Zuschuß durchaus sinnvoll ist zeigen die oben aufgeführten Argumente der Entlastung der Kanalisation und der Kläranlage.

Außerdem leisten weitsichtige Kommunalpolitiker, die Entscheidungen für die Nutzung von Regenwasser treffen, einen wichtigen Beitrag zur Sicherung unserer zukünftigen Trinkwasserversorgung. Da sich jeder Besitzer einer Regenwasseranlage intensiver mit seinem Wasserverbrauch beschäftigt (er will ja wissen, wieviel er tatsächlich einspart), ist dies eine Hilfestellung für die Bürger den bewußteren Umgang mit dem kostbaren Gut Wasser zu erlernen.

8 Literaturverzeichnis

/DWD/

Deutscher Wetterdienst: Monatlicher Witterungsbericht der Jahre 1988 bis 1997.

/Hessen, 1994/

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten: Nutzung von Regenwasser. Hrsg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Referat Politische Grundsatzangelegenheiten / Öffentlichkeitsarbeit, 8. Auflage, 1994.

/Holländer, 1993/

Holländer, R. et al.: Hygienische Aspekte bei der Wäsche mit Regenwasser, Forum Städte-Hygiene Nr. 44, Seite 252-256, 1993.

/König, 1996/

König, Klaus W.: Regenwasser in der Architektur. Ökobuch Verlag, Stufen bei Freiburg, 1996.

/König, 1995/

König, Klaus W.: Regenwassernutzung von A – Z: ein Anwenderbuch für den Planer, den Handwerker und den Bauherren. Mallbeton GmbH (Hrsg), Donaueschingen-Pföhren, 1995.

/Koenigs 1995/

Koenigs, Tom (Hrsg), et al.: Minus 50% Wasser möglich!: Einsparpotentiale beim Wasserverbrauch in Dienstleistungszentren und Bürogebäuden – Fallstudien aus der Praxis. Eberhard Blottner Verlag, Taunstein, 1995.

/Kosche, 1979/

Kosche, H., et al.: Regenwasser-Nutzung – Möglichkeiten und Grenzen. Dornier System GmbH, Abt. Umwelttechnik – Wasserwirtschaft, Friedrichshafen, 1979.

/Ruoff, 1995/

Ruoff, Uli: Regenwassernutzung, Diplomarbeit am Fachbereich 7, Energie- und Umweltschutztechnik, Fachhochschule Aachen - Abteilung Jülich, 1995.

/Schmidt, 1986/

Schmidt, Hennich: Untersuchungen zur Regenwassernutzung in Wohnbauten, Dissertation, Fachbereich Architektur der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina, Braunschweig, 1986.

/WILO, 1995/

Anwenderhandbuch Regenwassernutzung, WILO GmbH, Dortmund-Hörde, 1995.

9 Anbieterverzeichnis

Eine Auswahl von Anlagen und Komponentenherstellern:

PRORAIN Komplettanlagen, Kunststoffzisternen (Erdspeicher)

WISY: Filtersammler

U T E K Komplettanlagen, Kunststoffzisternen (Erdspeicher)

KAUTEX Komplettanlagen, Kunststoffzisternen (Erd- / Kellerspeicher)

KUBUS: Komplettanlagen, Betonzisternen (Erdspeicher)

RENO – Umwelttechnik: Kunststoffzisterne (Erdspeicher)

GRAF (Komplettanlagen), Kunststoffzisternen (Erd- / Kellerspeicher)

WILO: Komplettanlagen, Kunststoffzisternen (Kellerspeicher)

ELWA: Komplettanlagen, Kunststoffzisternen (Erdspeicher), Versickerung

ARIS: Komplettanlagen, Großanlagentechnik, Kunststoff- und Betonzisternen (Erdspeicher)

UWO: Kunststoffzisterne (Erdspeicher)

DEHOUST: Komplettanlagen, Kunststoff- und Stahlzisternen (Erd- / Kellerspeicher), Versickerung, Tankanlagenplanungs Software

MALL BETON: Betonzisternen (Erdspeicher), Versickerung

REWATEC Kunststoffzisterne (Erdspeicher)

Wagner & Co.: Komplettanlagen, Kunststoff- und Betonzisternen (Erd- / Kellerspeicher)

KESSEL: Komplettanlagen, Kunststoffzisternen (Erdspeicher), Versickerung