

Regenwassernutzung und -bewirtschaftung Wirtschaftlichkeit und Stand der Technik

Ulrich Rott, Carsten Meyer, Stuttgart

1 Einleitung

Die Regenwassernutzung stellt ein Element der inzwischen vielfältigen Möglichkeiten das Regenwasser durch dezentrale Maßnahmen zu bewirtschaften dar. In jedem Falle wird bei der Regenwassernutzung zumindest ein Teil des von der Auffangfläche abfließenden Niederschlagswassers als Betriebswasser genutzt und verringert somit die in die Kanalisation abgeleitete häusliche Abwassermenge, bestehend aus genutztem Trink- und Niederschlagswasser (Schmutzwasser) sowie ungenutztem Niederschlagswasser.

Der positive Effekt der "häuslichen Regenwasserbewirtschaftung" kann verstärkt werden, indem neben der Nutzung des Niederschlagswassers dieses in noch stärkerem Maße durch Speicherräume (Retentionszisternen) zurückgehalten und verzögert abgeleitet wird bzw. komplett von der Kanalisation ferngehalten wird, indem es ortsnah versickert (dezentrale Versickerungsanlagen) wird und somit dem natürlichen kleinräumigen Wasserkreislauf nicht entzogen wird. Bei der Versickerung des Niederschlagswassers sind selbstverständlich einschränkende Randbedingungen wie beispielsweise hohe Grundwasserstände und damit eventuell einhergehende Gebäudevernässungen [1], [2], die Fremdwasserproblematik bei an die Kanalisation angeschlossenen Hausdrainagen und die generelle Eignung des Niederschlagswassers bzw. des anstehenden Bodens zu berücksichtigen.

Die Einsparung von Trinkwasser und eine damit einhergehende Schonung natürlicher Wasserressourcen spielt in Deutschland als grundsätzlich wasserreiches Land derzeit eine eher untergeordnete Rolle. Gerade jedoch die in unserem Land hoch entwickelten technischen Lösungen im Bereich der Regenwassernutzung könnten weltweit in Gebieten, die auf Regenwasser zur Deckung des täglichen Wasserbedarfs angewiesen sind, vorteilhaft genutzt werden.

Aber auch in Deutschland können sich für den Betreiber einer Regenwassernutzungsanlage wirtschaftliche Vorteile einstellen, welche von unterschiedlichen Einflussfaktoren wie beispielsweise Investitionskosten oder Art der Erhebung und Höhe der Abwassergebühren bestimmt werden. Es sind daher keine pauschalen Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung möglich. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungskonzeptionen ist die Berücksichtigung der Einflussfaktoren und deren Kostenrelevanz im Einzelfall entscheidend.

Neben dem aktuellen Stand der Technik von Regenwassernutzungsanlagen und ihrer Bedeutung im wasserwirtschaftlichen Kontext sollen im Rahmen dieses Beitrags die wesentlichen Kostenfaktoren und ihre Relevanz bezüglich der Wirtschaftlichkeit dargestellt und anhand beispielhafter Szenarien sowie durchgeführter Untersuchungen erläutert werden.

2 Regenwassernutzung im siedlungswasserwirtschaftlichen und ökonomischen Kontext

Aus der Sicht der Öffentlichkeit können Regenwassernutzungsmaßnahmen mit siedlungswasserwirtschaftlichen Zielsetzungen verbunden sein. Für den privaten Regenwassernutzer stehen vor allem ideologische und ökonomische Beweggründe im Vordergrund.

Nachfolgend werden die mit Regenwassernutzungsmaßnahmen verbundenen siedlungswasserwirtschaftlichen Auswirkungen sowie die Abhängigkeiten der Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung erläutert.

In Abbildung 1 ist hierzu die Regenwassernutzung im Kontext wasserwirtschaftlicher Zielsetzungen und Maßnahmen dargestellt.

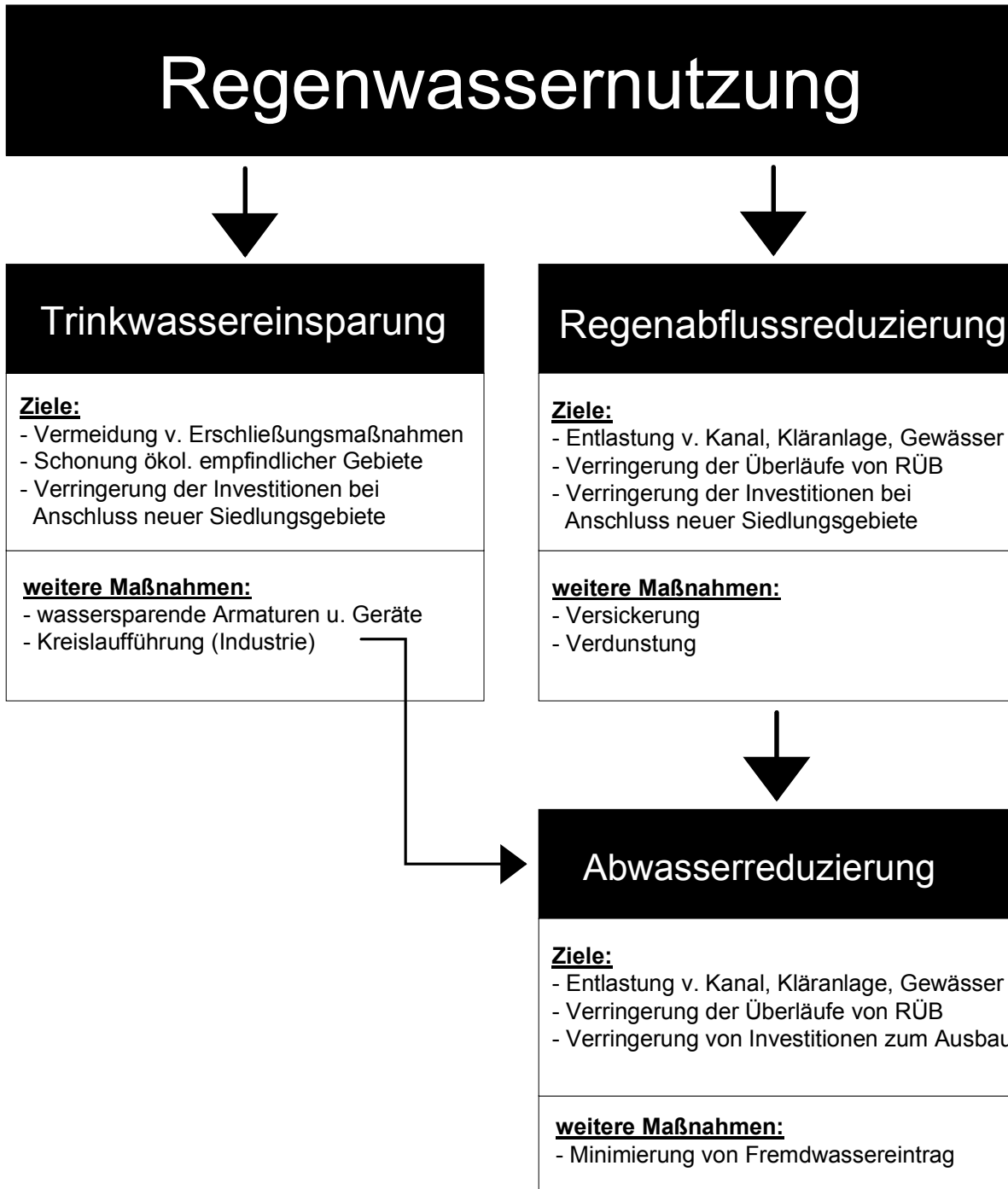


Abbildung 1: Regenwassernutzung im Kontext siedlungswasserwirtschaftlicher Maßnahmen und Zielsetzungen

Aus Abbildung 1 wird deutlich, dass durch Regenwassernutzungsmaßnahmen sowohl Trinkwasser eingespart als auch der Regenabfluss reduziert werden kann. Die häusliche Schmutzwassermenge wird durch Regenwassernutzung jedoch nicht verringert.

Abbildung 2 veranschaulicht die Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung von der öffentlichen Hand, d. h. von Kommunen (Gebühren) bzw. von Land und Bund (Subventionen).

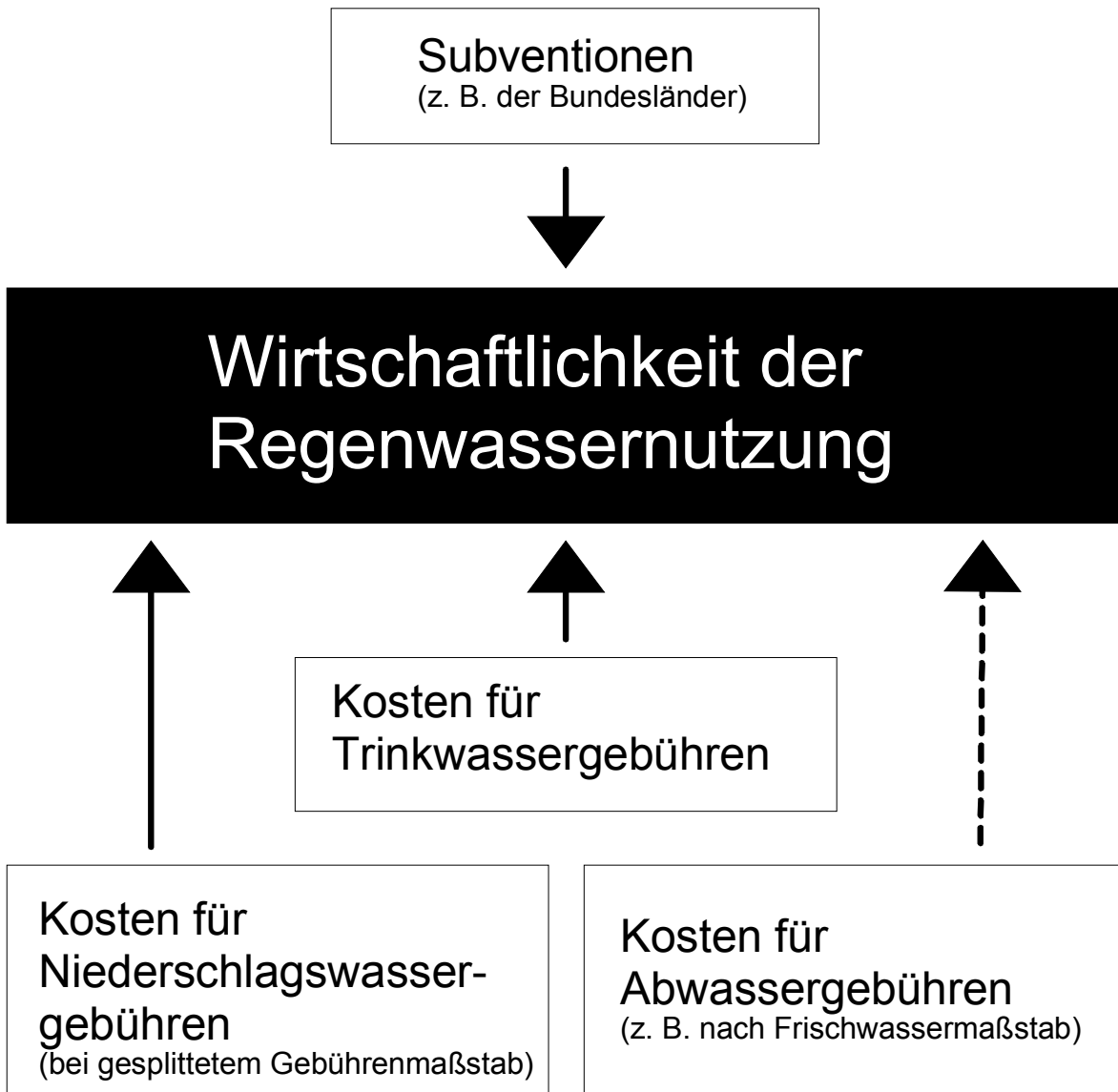


Abbildung 2: Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung in Abhängigkeit von der öffentlichen Hand

Während die durch Regenwassernutzung erreichbare Einsparung der Kosten für Trinkwassergebühren von den örtlich geltenden Trinkwassergebühren und der substituierten Trinkwassermenge abhängt, wird die Reduzierung der Kosten für eventuelle Niederschlagsgebühren oder Abwassergebühren von der örtlich festgelegten Abwassersatzung bestimmt. Infolgedessen ist die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung standortabhängig und kann eine große Spanne aufweisen. Darüber hinaus hängt die Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungsanlagen von Subventionen ab. Beispielsweise gewährt das Land Nordrhein-Westfalen derzeit bis zu 1500 € pro Anlage.

Da Art und Umfang der Nutzung von Regenwasser den erreichbaren Trinkwassersubstitutions- sowie Regenabflussreduktionsgrad und somit durch Kostenersparnis bei den jeweiligen Gebühren die Wirtschaftlichkeit wesentlich beeinflussen, werden die Nutzungsmöglichkeiten von Regenwasser nachfolgend näher erläutert.

3 Möglichkeiten der Nutzung von Regenwasser

Die Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser ist in erster Linie von der Quantität und Qualität des gesammelten Wassers bzw. umgekehrt von den Anforderungen an die Qualität des Betriebswassers abhängig. In der Regel sind nur über Dachflächen gesammelte Niederschlagswässer ausreichend geeignet, um nach Vorreinigung durch Filtration und Lagerung in einem Speicherbehälter als Betriebswasser Verwendung zu finden. Einflüsse auf die Qualität des Speicherwassers haben, neben möglichen Belastungen des Niederschlagswassers durch Luftverunreinigungen aus der Atmosphäre (Deposition), auch die Beschaffenheit der Dächer sowie deren Verschmutzungsgrad, das Speichermaterial, der Aufstellungsort des Speichers, und eventuelle Aufbereitungsmaßnahmen.

Eigene sowie in der Literatur dokumentierte Untersuchungen [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11] zur qualitativen Beschaffenheit gespeicherter Dachablaufwässer zeigen, dass eine Nutzung von Regenwasser zur Substitution von Trinkwasser in Bereichen möglich ist, in denen keine Trinkwasserqualität erforderlich ist. Voraussetzung einer sicheren Betriebswasserversorgung sowie befriedigender Wasserqualität ist eine fachgerecht installierte Anlage mit separatem, gekennzeichnetem Betriebswassernetz ohne Querverbindungen zum Trinkwassernetz.

Einsatzgebiete für die Nutzung von Regenwasser

- Garten- und Grünflächenbewässerung
- Toilettenspülung
- Wäschewaschen
- Reinigungszwecke
- Betriebswasser in Industriebetrieben je nach qualitativen Anforderungen

3.1 Wäschewaschen mit Regen- bzw. Dachablaufwasser

Zum Thema "Wäschewaschen mit Regenwasser" sollen folgende Ausführungen Klarheit verschaffen.

Zum 1. Januar 2003 ist die novellierte Trinkwasserverordnung (TrinkwV) in Kraft getreten. Sie regelt die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch. Nach § 3 Abs. 1 ist Trinkwasser u. a. "alles Wasser, das zur Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen [12]." Dies bedeutet prima facie, dass Wasser zum Wäschewaschen - denn Wäsche kommt nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt - Trinkwasserqualität besitzen muss.

In der Einzelbegründung zu § 3 der TrinkwV, die in dem im Bundesgesetzblatt veröffentlichten Originaltext nicht enthalten ist, wird jedoch klargestellt, "dass in jedem Haushalt die Möglichkeit bestehen muss, zum Waschen der Wäsche Wasser mit der Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch zu nutzen. Ob daneben ein Anschluss besteht und genutzt wird, der Wasser geringerer Qualität liefert, bleibt der eigenen Verantwortung und Entscheidung des Verbrauchers überlassen [13]."

Dadurch ist eindeutig geregelt, dass jedermann seine Wäsche mit Regenwasser bzw. Dachablaufwasser waschen darf.

Gestützt wird dies ferner durch die Stellungnahmen des Bundesministeriums für Gesundheit (BMGS) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Das BMGS kommt zu folgender Aussage: "Die Verordnung regelt weder die Qualität von Dachablaufwasser noch verbietet sie ausdrücklich die private Nutzung von Dachablaufwasser beispielsweise zum Zwecke des Wäschewaschens [14]." Das BMU bezieht folgende Position: "Dagegen wird weder die Qualität von Regenwasser durch diese Verordnung geregelt, noch verbietet sie die private Nutzung von Wasser solch minderer Qualität zum Zwecke des Wäschewaschens bzw. stellt eine solche Nutzung unter Strafe [14]."

4 Stand der Technik bei Regenwassernutzungsanlagen

4.1 DIN 1989

Teil 1 und Teil 3 der DIN 1989 "Regenwassernutzungsanlagen" wurden im April 2002 bzw. August 2002 veröffentlicht. Teil 1 regelt die Planung, die Ausführung, den Betrieb und die Wartung von Regenwassernutzungsanlagen und gilt für Anlagen zur Nutzung von Regenwasser in Haushalten, Gewerbe- und Industriebetrieben sowie in öffentlichen Einrichtungen, in denen es z. B. für Toilettenspülung, Kühlzwecke, Wasch- und Reinigungszwecke und zur Bewässerung von Grünanlagen genutzt wird [15]. Teil 3 der Norm legt u. a. Anforderungen, Prüfungen und Konformitätsbewertungen für werksgefertigte monolithische Speicher, für werksgefertigte Speicher in Mehrteilbauweise und für vor Ort erstellte Regenwasserspeicher fest [16].

Teil 2 der DIN 1989 legt die Anforderungen und Prüfungen für mechanisch wirkende Filter, die in den Zulauf von Regenwasserspeichern für Regenwassernutzungsanlagen eingebaut werden, fest. Seit November 2002 existiert ein Entwurf [17]. Die Einspruchsverhandlung hierzu fand am 14.10.2003 statt, so dass mit einer baldigen Veröffentlichung der endgültigen Fassung von Teil 2 der DIN 1989 gerechnet werden kann.

Abbildung 3 zeigt eine typische Regenwassernutzungsanlage mit Erdspeicher nach aktuellem Stand der Technik. Darüber hinaus sind unterschiedliche Behandlungsmöglichkeiten des Überlaufwassers dargestellt. Ist der Speicher gefüllt, so kann weiterhin zufließendes Wasser in die Kanalisation abgeleitet werden (Variante 1) oder mit Hilfe von Versickerungsanlagen dem Grundwasser und somit dem natürlichen lokalen Wasserkreislauf zugeführt werden (Variante 2 und 3). In jedem Falle ist eine Versickerung des Überlaufwassers mit Passage der belebten Bodenschicht (Variante 2) zu bevorzugen, um das Grundwasser vor möglichen Verunreinigungen zu schützen.

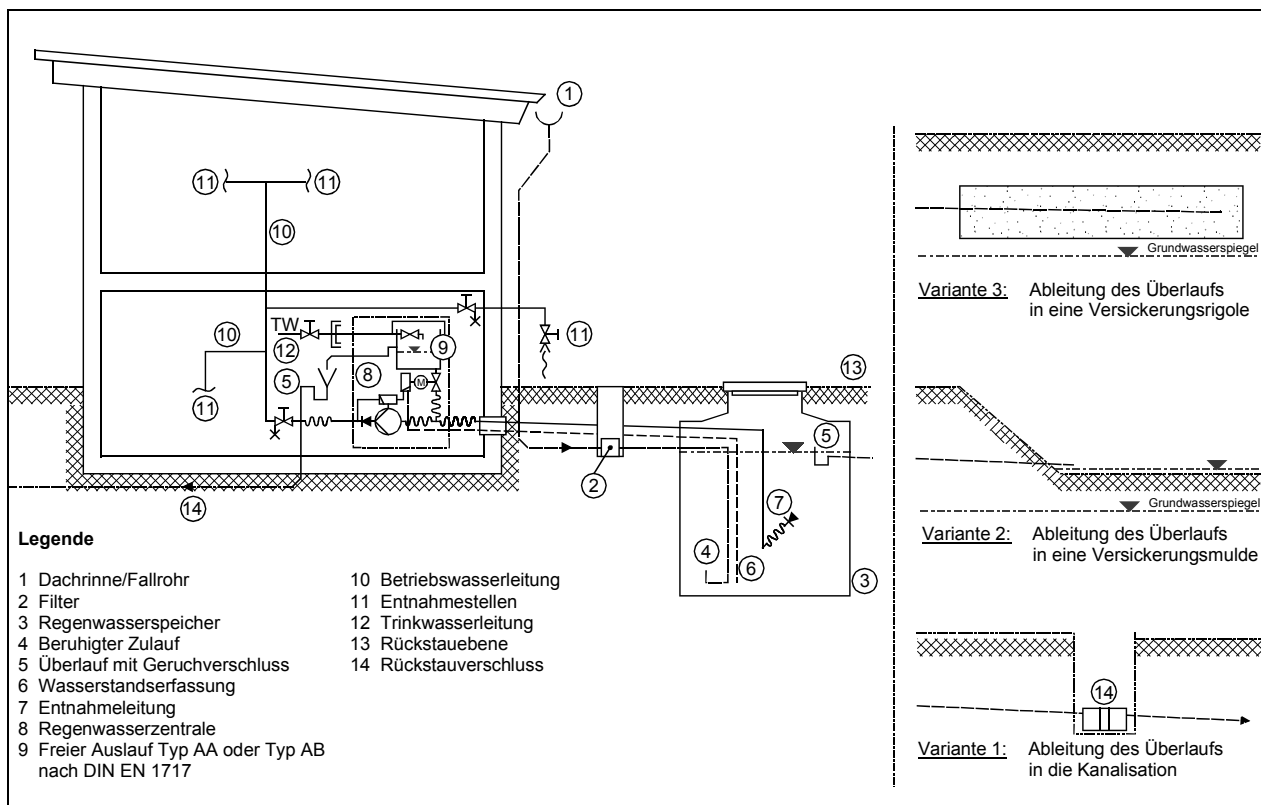


Abbildung 3: Regenwassernutzungsanlage mit Erdspeicher und Behandlungsmöglichkeiten des Überlaufs - Stand der Technik

4.2 Retentionszisternen

Eine Regenwasserbewirtschaftung mit dezentralen Regenwassernutzungs-/Regenwasserretentions-speichern (vgl. Abbildung 4) kann unter den Aspekten der Trinkwassersubstitution (z. B. WC und Waschmaschine) und der Reduzierung des niederschlagsbedingten Abwasseranteils erfolgen.

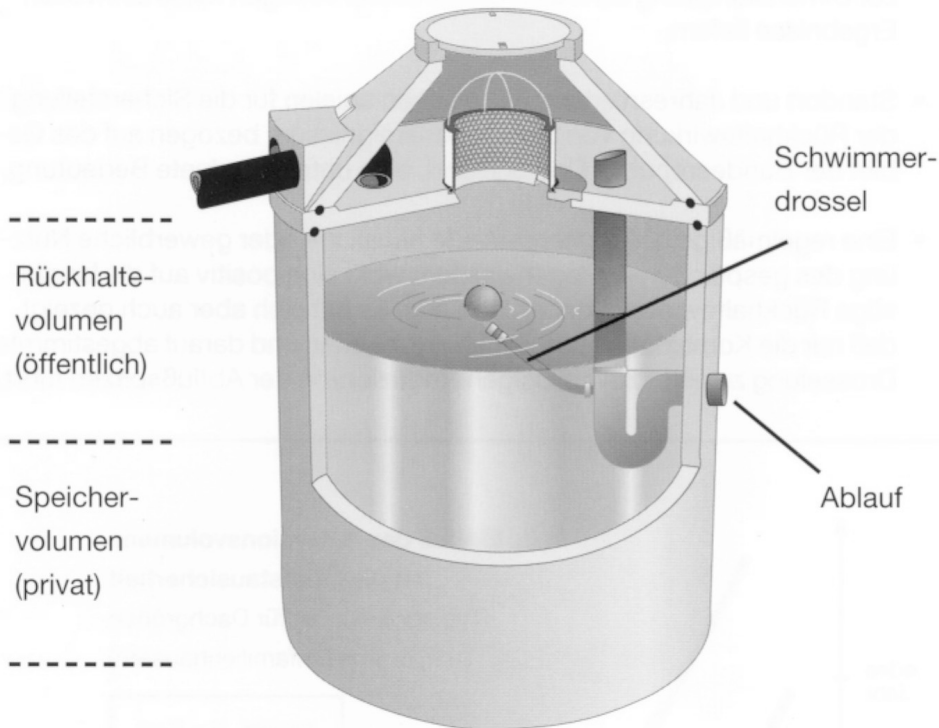


Abbildung 4: Dezentrale Retentionszisterne (nach Mall Beton GmbH)

Bei Installation von dezentralen Retentionsspeichern mit geeigneten Speichergrößen und entsprechenden Entnahmemengen aus dem Speicher kann in Abhängigkeit der Randbedingungen (spezifische Dachfläche, spezifische Entnahmemenge) ein wesentlicher Anteil des Niederschlagswasserabflusses der Dachflächen zurückgehalten bzw. stark gedrosselt (0,14 L/s) abgeleitet werden. Das Institut für Siedlungswasserbau der Universität Stuttgart hat hierzu ein Simulationsmodell entwickelt und umfangreiche Berechnungen durchgeführt. In Abbildung 5 sind graphisch aufbereitete Simulationsergebnisse für folgende Randbedingungen dargestellt: Nutzvolumen 0,25 m³/P, Retentionsvolumen 0,25 m³/P, Entnahmemenge 24 L/(P*d) und Drosselabfluss 0,14 L/s.

Beispielsweise kann bei einer spezifischen Dachfläche von 10 m²/P (mehrgeschossige Bauweise) unter genannten Randbedingungen der niederschlagsbedingte Abwasseranteil um ca. 88 % reduziert werden, der Wasserbedarf für das WC zu ca. 57 % gedeckt werden bzw. der tägliche Gesamtwasserbedarf zu ca. 13 % durch Regenwasser substituiert werden.

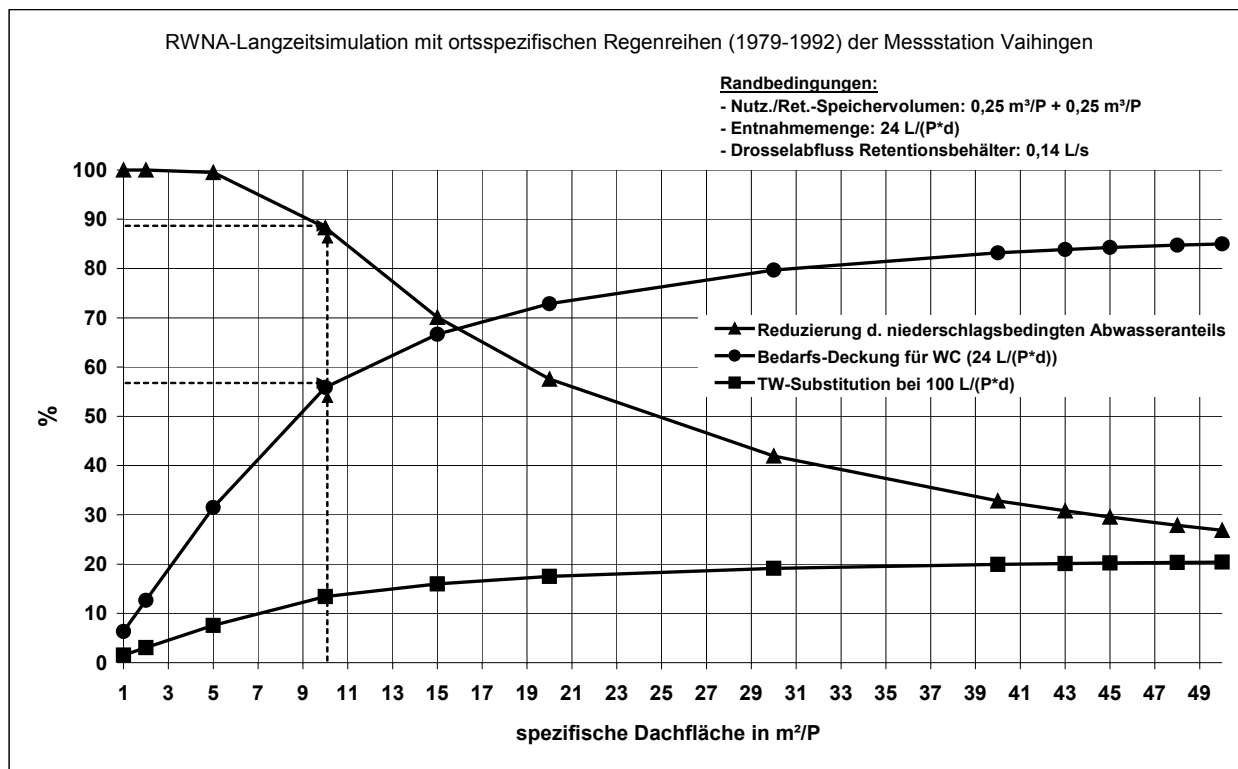


Abbildung 5: Simulationsergebnisse - Reduzierung der niederschlagsbedingten Abwasseranteils, Bedarfs-Deckung und Trinkwassersubstitution in Abhängigkeit der spezifischen Dachfläche

Abbildung 6 zeigt die durch Retentionszisternen mögliche Reduzierung des niederschlagsbedingten Abwasseranteils in Abhängigkeit der angeschlossenen spezifischen Dachfläche (m²/P), der spezifischen Entnahmemenge (m³/P/d) sowie der spezifischen Speichervolumina (m³/P) von Retentions- bzw. Nutzanteil der Zisterne.

Wird beispielhaft eine spez. Dachfläche von 10 m²/P (Geschossbau) betrachtet, so wird deutlich, dass bereits mit relativ geringen spez. Speichervolumina (0,25 m³/P) nahezu 90 % des aufgefangenen Niederschlags genutzt werden können und nicht als Regenabfluss zusätzlich die Kanalisation belasten. Die verbleibenden 10 % des Niederschlags werden zudem gedrosselt an das Kanalnetz weitergegeben. Mit einer Erhöhung der Entnahmemenge, z. B. auf 50 L/P/d, bzw. einer Vergrößerung der Speichervolumina (0,5 m³/P oder 1,0 m³/P) können sogar bis zu 100 % des niederschlagsbedingten Abwasseranteils zurückgehalten bzw. genutzt werden.

Offensichtlich ist auch, dass - insbesondere bei größeren spez. Dachflächen - die Reduzierung des niederschlagsbedingten Abflusses in höherem Maße von der Nutzungsintensität des Regenwassers, d. h. der spez. Entnahmemenge, abhängt als von der Speichergröße. Beispielsweise werden im Falle einer angeschlossenen Dachfläche von 40 m²/P (Einfamilienhaus) bei Verdopplung der Speichervolumina von 0,25 m³/P auf 0,5 m³/P lediglich 3 % mehr Niederschlag zurückgehalten, bei einer ungefähren Verdopplung der Entnahmemenge von 24 L/P/d auf 50 L/P/d können dagegen 16 % mehr Niederschlag zurückgehalten werden.

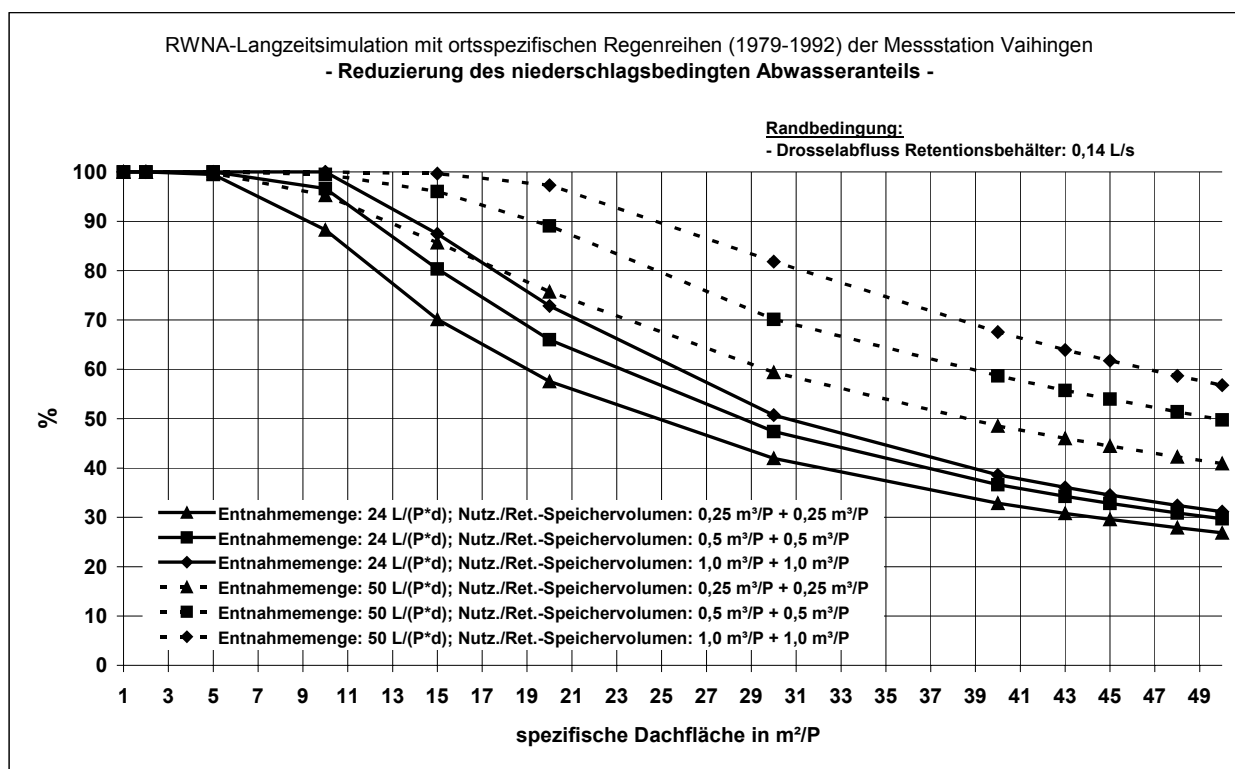


Abbildung 6: Simulationsergebnisse - Reduzierung der niederschlagsbedingten Abwasseranteils bei variierenden spezifischen Entnahmemengen und Speichervolumina

5 Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung

Die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung wird wesentlich durch die im individuellen Fall gegebenen Randbedingungen bestimmt. Wirtschaftlichkeitsberechnungen können deshalb nicht pauschal, sondern müssen unter Zugrundelegung der spezifischen Randbedingungen aufgestellt werden. Nachfolgend werden wesentliche Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung dargestellt und erörtert, da deren Kenntnis für eine orientierende Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Projekten, sowie bei der Gestaltung von Satzungen und Festlegungen von Gebühren im Hinblick auf die Umsetzung wasserwirtschaftlicher Zielsetzungen, wesentlich ist.

Die Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungsmaßnahmen wird wesentlich durch folgende Einflussfaktoren bestimmt:

- Anlagen- und Installationskosten der Regenwassernutzungsanlage
- Laufende Kosten, Wartungsaufwand
- Einsatzgebiete und Intensität der Nutzung
- Höhe der Trink- und Abwassergebühren und deren Entwicklungstrend
- Gestaltung der örtlichen Abwassersatzung, Berechnungsmodus für Regenwassernutzung
- Subventionen.

5.1 Anlagen- und Installationskosten

Die Anschaffungs- und Installationskosten stellen die Hauptkosten und somit die wesentlichen Einflussfaktoren für die Amortisationszeit der Anlagen dar. Der größte Kostenfaktor ist hierbei in der Regel der Speicherbehälter, dessen Kosten durch das gewählte Speichervolumen bestimmt werden. Eine optimale Dimensionierung des Speichers auf der Basis des ermittelten Betriebswasserbedarfs sowie des erwarteten Regenwasserdargebots, ist daher für eine wirtschaftliche Projektgestaltung grundlegend. Nur bei diskontinuierlicher

Entnahme größerer Wassermengen, z. B. zur Gartenbewässerung, beeinflusst ein größeres Speichervolumen die Trinkwassersubstitutionsrate deutlich positiv. In Wohngebieten kann die gemeinsame Bewirtschaftung größerer Speicher bei kurzen Leitungswegen günstiger als Einzellösungen sein [18]. Komplettete Speichersysteme bieten aufgrund des geringeren Personalaufwandes beim Einbau ökonomische Vorteile.

Bei den Anlagenkomponenten, insbesondere bei Pumpen und Filtern, sollte Funktionalität und Qualität oberstes Auswahlkriterium sein, um die Betriebs- und Wartungskosten zu minimieren. In Einfamilienhäusern liegen die Kosten für fachgerecht installierte Regenwassernutzungsanlagen in der Größenordnung von 4000 € bis 5.000 € bei Kompletterstellung im Rahmen von Neubauten [19]. In größeren Gebäuden und gewerblichen Objekten können die Kosten aufgrund der unterschiedlichen Dimensionierung nicht pauschal angegeben werden. Je m³-Speicherinhalt betragen die spezifischen Gesamtkosten der Anlage ca. 750 €/m³ bei 5 m³ Speichervolumen, 500 €/m³ bei 10 m³ Speichervolumen und ca. 385 €/m³ bei 20 m³ Speichervolumen [20].

5.2 Laufende Kosten, Wartungsaufwand

Bei den laufenden Kosten handelt es sich im Wesentlichen um Pumpenstromkosten, die bei einer Regenwassernutzungsanlage in einem durchschnittlichen Einfamilienhaus ca. 6 €/Jahr betragen [19]. Verschleiß und Wartungsaufwand sind bei Verwendung qualitativ hochwertiger Komponenten relativ gering und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von untergeordneter Bedeutung.

Betriebsdauer der Produkte

- Pumpe und Steuerung: ca. 15 Jahre
- Installation: ca. 50 Jahre
- Betonzisterne: ca. 90 Jahre

Für Verschleiß von Pumpe und Steuerung in 15 Jahren bei pauschal kalkulierten 550 € [19] ergibt sich ein jährlich anzusetzender Betrag von ca. 36 €. Die gesamten jährlichen Betriebs- und Wartungskosten betragen somit ca. 42 €/Jahr.

5.3 Einsatzgebiete und Intensität der Nutzung

Die zur Verfügung stehenden Auffangflächen und der durch Personenzahl und Anwendungsbereiche bedingte Betriebswasserbedarf bestimmen den Trinkwassersubstitutionsgrad und damit auch die erreichbaren Einsparungen an Trinkwasserbezugskosten. Bei Mehrfamilienhäusern ist hierbei zu prüfen, ob eine zur Bedarfsdeckung ausreichend große Dachfläche zur Verfügung steht, bzw. ob bei zu geringer Fläche benachbarte, ungenutzte Flächen mit angeschlossen werden können und der Deckungsgrad erhöht werden kann. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzungsanlage ist ein möglichst hoher Trinkwassersubstitutionsgrad anzustreben [21].

In öffentlichen Gebäuden, Büros oder Gewerbebetrieben stellt der Toilettenspülwasseranteil oft den Hauptanteil des Trinkwasserbedarfs dar. Bei entsprechendem Regendargebot können durch Nutzung von Regenwasser zur Toilettenspülung hohe Trinkwassersubstitutionsraten und aufgrund der meist größeren Personenanwesenheitsdichte im Vergleich zu Privathäusern auch große Trinkwassermengen eingespart werden. Dies wirkt sich auf Wirtschaftlichkeit und Amortisationszeitraum günstig aus.

Existiert eine kommunale Niederschlagswassergebühr, so sind Maßnahmen zur möglichst weitgehenden Regenabflussrückhalt auf dem Grundstück wirtschaftlich vorteilhaft [22]. Durch möglichst weitgehende Nutzung sowie durch Versickerung des nicht nutzbaren Regenwasseranteils kann die resultierende Reduzierung des Niederschlagsabflusses hinsichtlich der zu zahlenden Gebühren kostenmindernd wirken.

In Abbildung 7 sind der Wasserbedarfs eines Haushalts aufgegliedert nach Verwendungsbereichen sowie die durch Regenwassernutzung substituierbaren Nutzungsbereiche dargestellt.

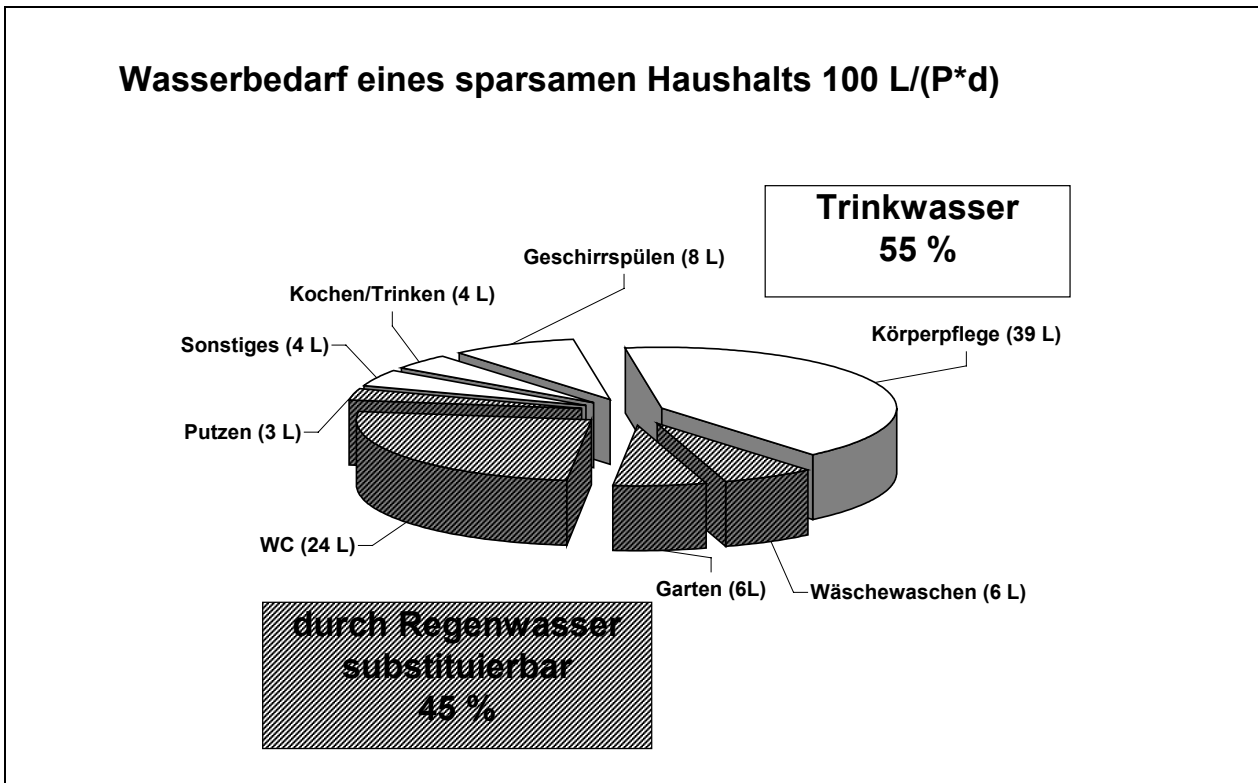


Abbildung 7: Wasserbedarf eines Privathaushalts nach Verwendungsbereichen

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden vom Institut für Siedlungswasserbau der Universität Stuttgart Untersuchungen zum Trinkwassersubstitutionspotential durch Regenwassernutzung an mehreren im praktischen Betrieb befindlichen Anlagen über den Zeiträume von mindestens 15 Monaten durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, dargestellt in Tabelle 1, bestätigen im wesentlichen die in Abbildung 7 genannten Zahlen für den Betriebswasserbedarf entsprechend den jeweiligen Nutzungsbereichen sowie die Trinkwassersubstitutionspotenziale durch Nutzung von Regenwasser in Einfamilienhäusern [23].

Tabelle 1: Anlagendaten und Ergebnisse der untersuchten Regenwassernutzungsanlagen

Anlage	1	2	3	4	5
Untersuchungszeitraum in Monaten	ca. 22	ca. 15	ca. 15	ca. 15	ca. 15
angeschlossene Dachfläche in m ²	73	211	221	174	1918
Speichervolumen in m ³	7,8	12	16,3	10	90
Anzahl der Nutzer	2 Erw/1 Ki	3 Erw/1 Ki	4 Erw.	2 Erw/2 Ki	ca. 50 Erw.
Nutzungsbereiche	Toil, Ga	Toil, Wa, Ga	Toil, Wa, Ga	Toil, Ga	Toil,(Wa,Ga)
durchschnittlicher Gesamtwasserbedarf in L/(P*d)	138	89	93	100	51
durchschnittlicher Betriebswasserbedarf in L/(P*d)	30	36	47	30	20
Trinkwassersubstitutionsgrad in %	22	40	50	30	39
Regenabflussreduktionsgrad in %	98	41	63	—	29

Toil, Wa, Ga: Toilette, Waschmaschine, Gartenbewässerung

L/(P*d): Liter pro Person und Tag

Anlagen 1-4 in Einfamilienhäusern, Anlage 5 in gewerblich genutztem Objekt

5.4 Einfluss der Regenwassernutzung auf die Kosten für Trinkwasser

In Abbildung 8 ist die jährliche Einsparung an Kosten für Trinkwasser in Abhängigkeit von Verwendungsbereichen und Gebührensätzen am Beispiel eines Vier-Personen-Haushalts dargestellt. Zur Ermittlung des Betriebswasserbedarfs wurden die Daten der entsprechenden Verwendungsbereiche aus Abbildung 7 zugrundegelegt. Die durchschnittliche Trinkwassergebühr in der BRD lag im Jahr 1999 bei 1,67 €/m³. Die Bandbreite der durchschnittlichen Gebühren im Vergleich der Bundesländer reicht hierbei von 1,22 €/m³ bis 2,30 €/m³ [24].

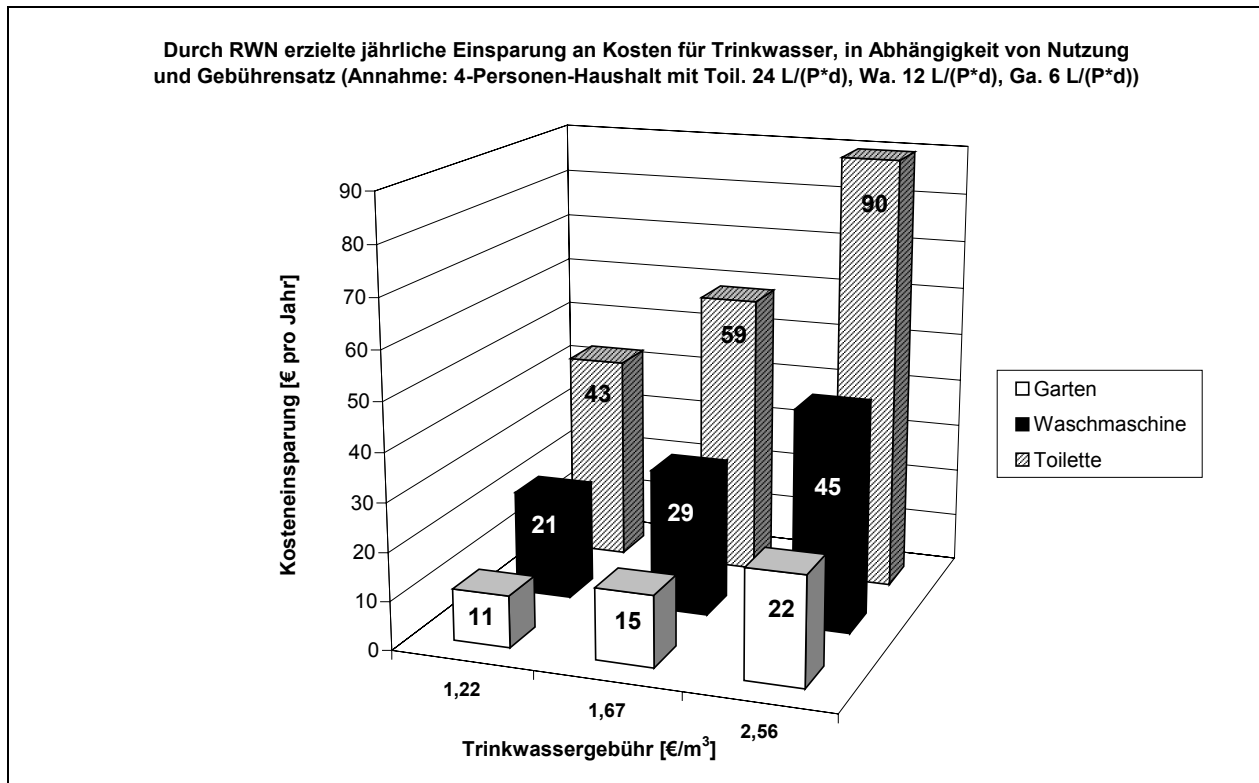


Abbildung 8: Jährliche Einsparung an Trinkwassergebühren in Abhängigkeit von Verwendungsbereichen und Gebührensätzen am Beispiel eines 4-Personen-Haushalts

Aus Abbildung 8 wird deutlich, dass die Vielfalt der Nutzungsbereiche und die Intensität der Nutzung sowie auch die Höhe der Trinkwassergebühren die jährliche Kosteneinsparung für Trinkwasser und somit die Wirtschaftlichkeit maßgeblich beeinflussen. Jedoch muss dem Betriebswasserbedarf ein ausreichendes Regendargebot gegenüberstehen. Das Ausmaß des nutzbaren Regendargebots wird im Wesentlichen durch die Größe der zur Sammlung des Regenwassers zur Verfügung stehenden Dachfläche und der örtlich gegebenen Niederschlagscharakteristik (Höhe und Verteilung der Niederschläge) bestimmt.

Bei Untersuchungen von realen Anlagen sowie Simulationsrechnungen für verschiedene Gebäudetypen im Rahmen eines am Institut für Siedlungswasserbau durchgeführten Forschungsprojekts [23] wurde deutlich, dass das Regendargebot bei Einfamilienhäusern den Betriebswasserbedarf auch bei weitgehender Nutzung in der Regel übersteigt. Eine möglichst intensive Nutzung erscheint somit unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll. Bei Reihenhäusern entspricht das Regendargebot je nach Dachflächengröße in etwa dem Betriebswasserbedarf bei weitgehender Nutzung, d. h. insbesondere in Trockenzeiten kann der Einsatz von Betriebswasser für mehrere Nutzungsbereiche die Nachspeisung von Trinkwasser erforderlich machen. Bei Geschosswohnungsbau und Mehrfamilienhäusern reicht das Regendargebot je nach Verhältnis von Dachfläche zu Bewohnerzahl meist nur zur Verwendung zur Toilettenspülung. Der Anschluss weiterer Verbrauchsbereiche würde eine unwirtschaftliche Investition darstellen. Durch Anschluss weiterer Auffangflächen, z. B. von benachbarten Gebäuden, könnte das nutzbare Regendargebot in diesen Fällen erhöht und somit die Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

5.5 Höhe der Trink- und Abwassergebühren und deren Entwicklungstrend

Wie aus Abbildung 4 deutlich wird, bestimmt die Höhe der Trink- und Abwassergebühren neben den Verwendungsbereichen und der Intensität der Nutzung maßgeblich die durch Trinkwassersubstitution und Regenabflussreduktion erzielbaren Kosteneinsparungen, sowie die Amortisationszeit bei gegebenen Investitionskosten für die Erstellung der Anlage.

Die Höhe der Trink- und Abwassergebühren stellt sich sehr uneinheitlich dar, weshalb sich auch keine allgemeingültigen Aussagen zur Höhe der Kosteneinsparung durch Regenwassernutzung treffen lassen. Da die Installierung einer Regenwassernutzungsanlage aufgrund deren langjährigem Nutzen eine für längere Zeiträume getätigte Investition darstellt und auch die Wirtschaftlichkeit erst längerfristig gegeben ist, ist die Entwicklungstendenz von Trink- und Abwassergebühren im Hinblick auf den Amortisationszeitraum der Anlage bedeutsam. Aufgrund gestiegener Anforderungen durch die Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie kam es Anfang der neunziger Jahre zu größeren Steigerungen der Trinkwassergebühren. Diese Steigerung hat sich inzwischen verlangsamt, die Steigerungsrate ist von 11,7 % im Jahr 1992/1993 auf 1,6 % im 1998/1999 gesunken. Da etwa 80 % der Kosten für Wasseraufbereitung und -verteilung Fixkosten darstellen, trägt eine deutliche Reduzierung des Wasserverbrauchs zum Anstieg der Trinkwassergebühren bei [24].

Die durchschnittliche Abwassergebühr lag 1998 in der BRD bei 2,47 €/m³ (für Ableitung und Reinigung von Niederschlagswasser und häuslichem Schmutzwasser). Die Spanne der durchschnittlichen Gesamt-Abwassergebühren der Bundesländer reichte hierbei von 1,74 €/m³ bis 3,69 €/m³. Auch bei den Abwassergebühren war die Preissteigerung in den letzten Jahren rückläufig. Während die Preissteigerungsrate in den Jahren 1992/1993 bei 15,7 % lag, betrug sie in den Jahren 1997/1998 noch 2,6 % [24].

Inwieweit die Höhe der Abwassergebühren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit und Amortisationszeit von Regenwassernutzungsanlagen hat, wird durch die kommunalen Abwassersatzungen, bzw. eventuelle ergänzende örtliche Regelungen zur Abwassergebührenberechnung bei Regenwassernutzung bestimmt und soll nachfolgend detaillierter ausgeführt werden.

5.6 Gestaltung der örtlichen Abwassersatzung, Berechnungsmodus für Regenwassernutzung

Die Erhebung von Abwassergebühren in Verbindung mit Regenwassernutzungsmaßnahmen erfolgt uneinheitlich. In den unterschiedlichen Regelungen in kommunalen Entwässerungssatzungen spiegelt sich hierbei die differierende Bewertung der entwässerungstechnischen Vorteilhaftigkeit von Regenwassernutzungsmaßnahmen wieder. Die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung sowie die Amortisationszeiten der Anlagen werden durch diese Regelungen stark beeinflusst.

Durch Regenwassernutzung verringert sich abwasserseitig nur die Regenabflussmenge, die anfallende Menge an häuslichem Schmutzwasser bleibt gleich. Da die Abwassergebühr derzeit noch überwiegend auf der Basis der verbrauchten Trinkwassermenge (Frischwassermessstab) errechnet wird, diese aber durch Regenwassernutzungsmaßnahmen reduziert wird, wird hierdurch nicht die gesamte anfallende Menge an häuslichem Schmutzwasser erfasst. Dies führt dazu, dass manche Kommunen die Erfassung der genutzten Regenwassermenge mittels eines zweiten Wasserzählers vorschreiben und hierfür Abwassergebühren in Rechnung stellen. In diesem Fall beschränken sich die durch Regenwassernutzung erzielten Einsparungen auf die Kosten der eingesparten Trinkwassermenge. Nachteilig ist hierbei, dass der für die Kommune gegebene entwässerungstechnische Vorteil weder honoriert wird, noch Anreiz bietet, Maßnahmen zur Realisierung weitgehender Regenabflussreduzierung durch optimierte Konzeption und Bewirtschaftung der Regenwassernutzungsanlagen durchzuführen. Weiterhin zeigt die Praxis, dass die Mitteilungspflicht über die Nutzung von Regenwasser im Haushalt bei dieser Abrechnungsmethodik häufig nicht wahrgenommen wird, was die Überwachung der fachgerechten Installation verhindert.

Um den entwässerungstechnischen Entlastungseffekt, sowie den Beitrag zu sparsamem Umgang mit Wasserressourcen zu honorieren ohne das Abwassergebührensysteem verändern zu müssen, verzichten die Kommunen in der Regel auf die Erfassung der genutzten Menge und erlassen somit die hierfür eigentlich anfallenden Kosten für Abwasser, was einer indirekten Subventionierung entspricht. Würden hierdurch steigende Kosten bei anderen Einwohnern verursacht, würden diese dadurch benachteiligt, weshalb andere

Kommunen bzw. auch manche Bundesländer eine direkte Subventionierung der Baukosten betreiben, und die tatsächlich anfallenden Abwassergebühren für genutztes Regenwasser in Rechnung stellen.

Im Bemühen um eine möglichst verursacherbezogene Erhebung der Abwasserbehandlungskosten, wird in vielen Kommunen die Erhebung der Abwassergebühren, gesplittet in Schmutzabwassergebühr und Niederschlagswassergebühr, diskutiert bzw. in ca.

24 % aller Kommunen bereits angewendet (Stand 1997) [25]. Hierbei muss der Verursacher von versiegelter Fläche auch die dadurch entstehenden Kosten infolge größerer zu behandelnder Niederschlagsabflussmengen tragen, was gleichzeitig Anreiz bietet, Flächenversiegelungen möglichst gering zu halten, bzw. Maßnahmen zum Ausgleich dieser wasserwirtschaftlich nachteiligen Effekte zu treffen. Bei vollständiger Abkopplung der Dachflächen vom Kanalnetz durch Regenwassernutzung und/oder Versickerung und somit garantierter Regenrückhaltewirkung kann bei dieser Abrechnungsmethodik die Niederschlagsgebühr für die angeschlossenen Dachflächen entfallen. Da der entwässerungstechnische Entlastungseffekt von der Anlagenkonfiguration und der Bewirtschaftungsweise des Speichers maßgeblich beeinflusst wird, sollten die Anlagenbetreiber bzw. Bauherren über diese Zusammenhänge von Seiten der Kommune informiert werden. Die Reduzierung der Kosten für Niederschlagsgebühren sollte nur bei Nachweis der entwässerungstechnischen Effektivität der Anlage erfolgen, entweder durch vollständige Abkopplung, d. h. ohne Anschluss des Speicherüberlaufs ans Kanalnetz, durch Verwendung sogenannter Retentionszisternen mit gedrosselter Entleerung (Dimension des Drosselabflusses kann durch die Kommune vorgegeben werden) oder durch Nachweis der entwässerungstechnischen Effektivität der Anlage unter Berücksichtigung von Personenzahl und Verwendungsbereichen mittels Langzeitsimulation. Dadurch entsteht neben den Trinkwassersubstitutionseffekten auch ein Anreiz die durch die Bebauung bedingte Regenwasserabflussmenge zu reduzieren. Neben der Kenntnis von Anzahl, Art und Bewirtschaftung der Regenwassernutzungsanlagen erhält die Kommune damit notwendige Daten zur Integration und Optimierung dieser dezentralen Maßnahmen in entwässerungstechnische Gesamtkonzeptionen.

5.7 Beispielrechnungen zum Einfluss der Gebührenerhebung auf die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung

Anhand folgender Beispielrechnungen soll der Einfluss des jeweiligen Gebührenerhebungsmodells auf die durch Regenwassernutzung jährlich eingesparten Kosten größenordnungsmäßig dargestellt werden. Abbildung 9 veranschaulicht das den Beispielrechnungen zugrunde liegende Szenario.

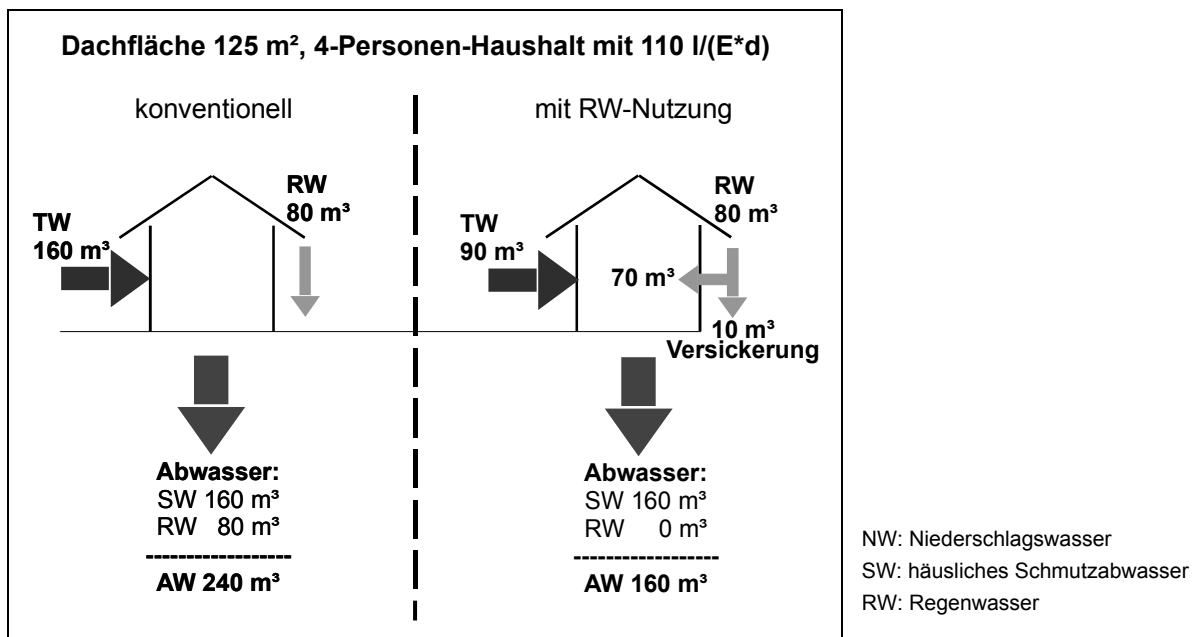


Abbildung 9: Graphische Darstellung des der Beispielrechnung zum Einfluss der Gebührensatzung auf die Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Regenwasser zugrundeliegenden Szenarios

a) niedrige Gebührensätze:

 Trinkwasser: 1,22 €/m³ (Minimum bei Durchschnittswerten der Bundesländer 1999, BGW [24])

 Abwasser: 0,46 €/m³ bei Frischwassermaßstab,

 bei gesplitteten Abwassergebühren: Schmutzwasser: 0,36 €/m³, Niederschlagsabfluss: 0,30 €/m² (ATV [26])

Tabelle 2: Beispielrechnung zur Gebührenhöhe bei niedrigen Gebührensätzen

	konventionell	mit Regenwassernutzung
ohne NW-Gebühr, mit AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m ³ x 1,22 €/m ³ = 195,20 €	TW: 90 m ³ x 1,22 €/m ³ = 109,80 €
	AW: 160 m ³ x 0,46 €/m ³ = 73,60 €	AW: 160 m ³ x 0,46 €/m ³ = 73,60 €
	268,80 €	183,40 €
ohne NW-Gebühr, ohne AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m ³ x 1,22 €/m ³ = 195,20 €	TW: 90 m ³ x 1,22 €/m ³ = 109,80 €
	AW: 160 m ³ x 0,46 €/m ³ = 73,60 €	AW: 90 m ³ x 0,46 €/m ³ = 41,40 €
	268,80 €	151,20 €
mit NW-Gebühr, mit AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m ³ x 1,22 €/m ³ = 195,20 €	TW: 90 m ³ x 1,22 €/m ³ = 109,80 €
	AW: 160 m ³ x 0,36 €/m ³ = 57,60 €	AW: 160 m ³ x 0,36 €/m ³ = 57,60 €
	NW: 125 m ² x 0,30 €/m ² = 37,50 €	NW: 0 m ² x 0,30 €/m ² = 0 €
	290,30 €	167,40 €

b) durchschnittliche Gebührensätze:

Durchschnittliche Gebührensätze 1997 (BRD gesamt):

 Trinkwasser: 1,61 €/m³ (BGW [24])

 Abwasser: 2,23 €/m³ bei Frischwassermaßstab

 bei gesplitteten Abwassergebühren: Schmutzwasser: 1,70 €/m³, Niederschlagsabfluss: 0,78 €/m² (ATV [25])

Tabelle 3: Beispielrechnung zur Gebührenhöhe bei durchschnittlichen Gebührensätzen

	konventionell	mit Regenwassernutzung
ohne NW-Gebühr, mit AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m ³ x 1,61 €/m ³ = 257,60 €	TW: 90 m ³ x 1,61 €/m ³ = 144,90 €
	AW: 160 m ³ x 2,23 €/m ³ = 365,80 €	AW: 160 m ³ x 2,23 €/m ³ = 365,80 €
	614,40 €	501,70 €
ohne NW-Gebühr, ohne AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m ³ x 1,61 €/m ³ = 257,60 €	TW: 90 m ³ x 1,61 €/m ³ = 144,90 €
	AW: 160 m ³ x 2,23 €/m ³ = 365,80 €	AW: 90 m ³ x 2,23 €/m ³ = 200,70 €
	614,40 €	345,60 €
mit NW-Gebühr, mit AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m ³ x 1,61 €/m ³ = 257,60 €	TW: 90 m ³ x 1,61 €/m ³ = 144,90 €
	AW: 160 m ³ x 1,70 €/m ³ = 272,00 €	AW: 160 m ³ x 1,70 €/m ³ = 272,00 €
	NW: 125 m ² x 0,78 €/m ² = 97,50 €	NW: 0 m ² x 0,78 €/m ² = 0 €
	627,10 €	416,90 €

c) hohe Gebührensätze:

 Trinkwasser: 2,30 €/m³ (Maximum bei Durchschnittswerten der Bundesländer 1999, BGW [24])

 Abwasser: 5,94 €/m³ bei Frischwassermaßstab,

 bei gesplitteten Abwassergebühren: Schmutzwasser: 4,73 €/m³, Niederschlagsabfluss: 0,85 €/m² (ATV [26])

Tabelle 4: Beispielrechnung zur Gebührenhöhe bei hohen Gebührensätzen

	konventionell	mit Regenwassernutzung
ohne NW-Gebühr, mit AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m³ x 2,30 €/m³ = 368,00 €	TW: 90 m³ x 2,30 €/m³ = 207,00 €
	AW: 160 m³ x 5,94 €/m³ = 950,40 €	AW: 160 m³ x 5,94 €/m³ = 950,40 €
	1318,40 €	1157,40 €
ohne NW-Gebühr, ohne AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m³ x 2,30 €/m³ = 398,00 €	TW: 90 m³ x 2,30 €/m³ = 207,00 €
	AW: 160 m³ x 5,94 €/m³ = 950,40 €	AW: 90 m³ x 5,94 €/m³ = 534,60 €
	1318,40 €	741,60 €
mit NW-Gebühr, mit AW-Gebühr für genutztes RW	TW: 160 m³ x 2,30 €/m³ = 368,00 €	TW: 90 m³ x 2,30 €/m³ = 207,00 €
	AW: 160 m³ x 4,73 €/m³ = 756,80 €	AW: 160 m³ x 4,73 €/m³ = 756,80 €
	NW: 125 m² x 0,85 €/m³ = 106,25 €	NW: 0 m³ x 0,85 €/m³ = 0 €
	1231,05 €	963,80 €

Abbildung 10 zeigt die jährliche Einsparung auf der Basis der dargestellten Gebührenszenarien. Die jährliche Einsparung ergibt sich hierbei aus folgender Formel:

$$\text{Ersparnis} = \text{Gebühren}_{\text{konventionell}} - \text{Gebühren}_{\text{bei RWN}} - \text{Betriebskosten}_{\text{RWN}}$$

Als Betriebskosten wurden 42 €/Jahr zugrunde gelegt (siehe unter 3.2).

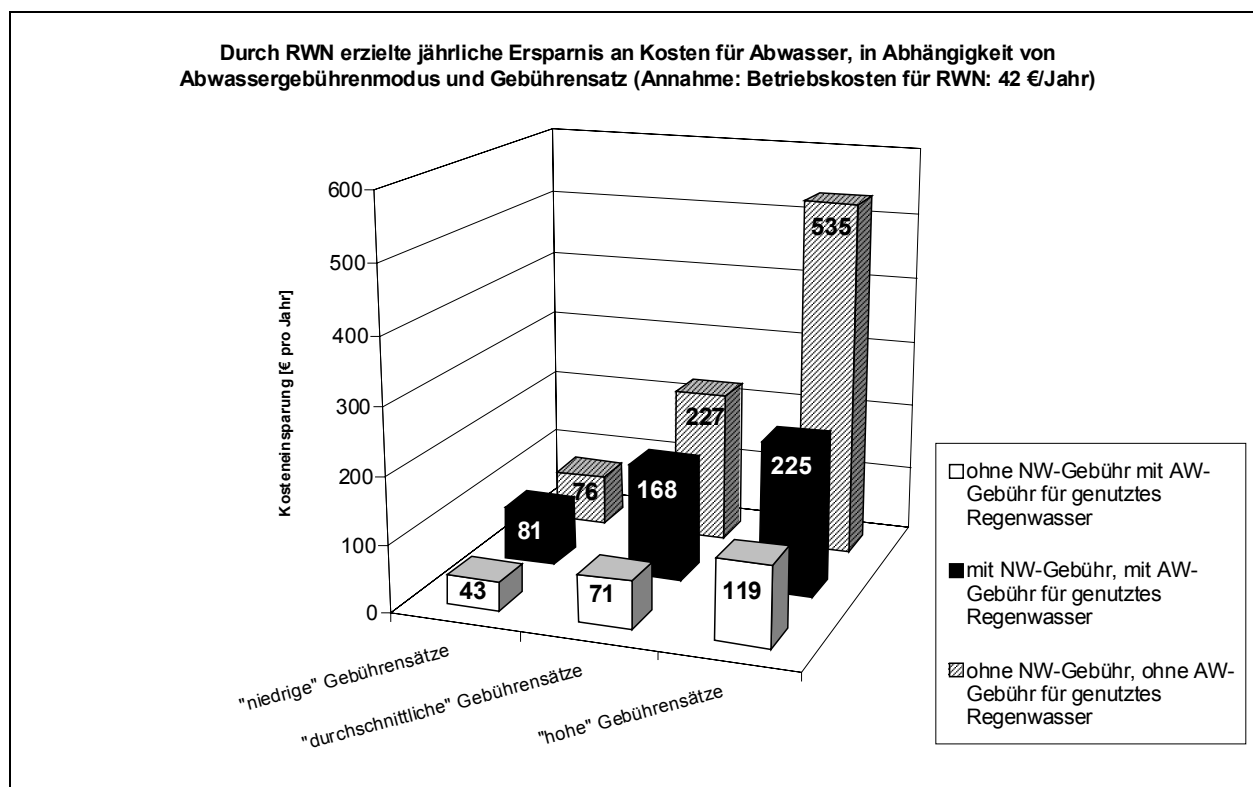


Abbildung 10: Jährliche Einsparung durch Nutzung von Regenwasser in Abhängigkeit von Gebührenmodus und Gebührensätzen

Die graphische Darstellung in Abbildung 10 sowie die zugrunde liegenden Beispielrechnungen zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungsanlagen wesentlich durch die Art der Abwassergebührengestaltung sowie der Höhe der Gebühren beeinflusst wird. Für eine Wirtschaftlichkeitsrechnung, bzw. Berechnung der Amortisationszeit einer Regenwassernutzungsanlage, müssen auch Kapital- bzw. Finanzierungskosten ebenso wie die Preissteigerungen der Betriebskosten und steigende Einsparungen im Zuge

steigender Wassergebühren berücksichtigt werden. Da die Gebührenersparnis aber wie in Abbildung 10 verdeutlicht, sehr stark von lokalen Randbedingungen bestimmt wird, erscheint eine betriebswirtschaftlich detaillierte Kosten-Nutzen-Rechnung nur für individuelle Fälle mit bekannten Randbedingungen (Investitionskosten, kalkulierte Trinkwasser-Einsparung, Art der Gebührengestaltung, Gebührensätze) sinnvoll.

Die Amortisation der Anlagenkosten bei privat genutzten Anlagen wird meist erst nach langjährigem Betrieb (> 10 Jahre) erreicht. Aufgrund der Langlebigkeit der Komponenten und des steigenden Gebührentrends ist die Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung bei sachgerecht geplanten Anlagen längerfristig gegeben (ca. 15 - 20 Jahre). Bei industriell genutzten Anlagen sind die Randbedingungen wie Investitionskosten, kalkulierte Trinkwasser-Einsparung, Art der Gebührengestaltung und Gebührensätze ebenfalls entscheidende Faktoren für die Wirtschaftlichkeit der Anlage, jedoch kann die Gewichtung einzelner Faktoren differieren. Auch das Ausmaß der möglichen Trinkwassereinsparung kann hier je nach Art der Nutzung sehr unterschiedlich sein. Wirtschaftlichkeitsabschätzungen können infolgedessen nur für konkrete Projekte mit bekannten Randdaten erarbeitet werden. Generelle Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungsanlagen erscheinen nicht sinnvoll.

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde für die Regenwassernutzungsanlage der TU Darmstadt eine Kosten-Nutzen-Untersuchung durchgeführt. Anlagendaten: ca. 11 ha abflusswirksame Fläche angeschlossen, 2,2 € Mio. Investitionskosten, 352.995 m³ Trinkwasser-Substitution von 1993-1997. Hierbei zeigte sich, dass die Deckung des Betriebswasserbedarfs durch die Regenwassernutzungsanlage eindeutig wirtschaftlicher ist als die Bedarfsdeckung mit Trinkwasser des örtlichen Wasserversorgungsunternehmens. Diese eindeutige wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit ergibt sich im Wesentlichen auf Grund der dortigen gebührenrechtlichen Randbedingungen. Das Niederschlagswasser muss zum gleichen, relativ hohen Gebührensatz von 4,19 €/m³ wie häusliches Schmutzwasser gebührenpflichtig abgeleitet werden [27]. Die Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich nicht auf andere Betriebswasseranlagen dieser Größe übertragen, verdeutlichen jedoch, dass die gebührenrechtlichen Randbedingungen entscheidende Faktoren für die Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungsanlagen sind.

Die Subventionierung der Baukosten kann eine Steigerung der Anzahl der installierten Regenwassernutzungsanlagen bewirken und in Einzelfällen zur Vermeidung anstehender Erweiterungsinstallationen sinnvoll sein, sollte jedoch mit Vorgaben zur entwässerungstechnischen Optimierung, z.B. Überlaufversickerung oder Verwendung von Retentionszisternen, verbunden werden. Generell erscheint eine stärker verursacherbezogene Gebührengestaltung unter Berücksichtigung ökologischer Folgekosten, beispielsweise die Einführung einer Niederschlagsgebühr, ein sinnvoller Instrument zur Realisierung wasserwirtschaftlicher Ziele zu sein, als die Subventionierung einzelner Maßnahmen.

5.8 Beispiel einer industriellen Regenwassernutzung

Im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart wurde für einen industriellen Betrieb (Pumpenhersteller) ein Konzept zur Nutzung von Regenwasser erarbeitet. Das Regenwasser sollte im Werk als Prozesswasser zur Versorgung von Toiletten für ca. 700 Mitarbeiter sowie zum Waschen von Werkstücken und für Pumpenprüfstände verwendet werden. Neben der Überprüfung der Eignung des Regenwassers für einen Einsatz im Betrieb, der Erhebung von Wasserbedarfsmengen, des Entwurfs und der Dimensionierung der Regenwassernutzungsanlage wurde ein Ansatz zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit des Konzepts erarbeitet.

Wasserbedarf

Für den täglichen Wasserbedarf zur Toilettenspülung wurde von 12 Litern pro Person und Tag ausgegangen. Dieser Wert berücksichtigte sowohl den Einsatz von Wasserspar-Toiletten als auch die Zeit der Anwesenheit der Mitarbeiter im Werk. Es ergab sich ein Tagesbedarf für die Toilettenspülung von 8,4 m³. Bei 250 Arbeitstagen pro Jahr entspricht dies einem Jahresbedarf von 2.100 m³. Zum Waschen von Werkstücken werden pro Jahr 1.300 m³ benötigt, für die Pumpenprüfstände weitere 1.600 m³.

Tabelle 5 fasst die durchschnittlich pro Arbeitstag bzw. pro Jahr benötigten Mengen an Regenwasser zusammen.

Tabelle 5: durchschnittlicher Bedarf an Regenwasser pro Arbeitstag und pro Jahr

Verwendung	Bedarf [m ³ /d]	Bedarf [m ³ /a]
Toilettenspülung	18,4	2.100
Waschmaschinen	5,2	1.300
Prüfstände	6,4	1.600
Sonstiges	1	100
Summen	21	5.100

Regenwasserspeicher

Zur Deckung des Bedarfs in niederschlagsfreien Zeiten ist eine Speicherung des Regenwassers nötig. Der Speicher wurde mit der Vorgabe dimensioniert, dass eine Versorgung mit Regenwasser, d. h. ohne Trinkwassernachspeisung, auch bei dreiwöchiger Trockenheit sichergestellt werden konnte. Hierbei wurde die Kontinuität des Bedarfs zur Toilettenspülung bzw. die Diskontinuität des Wasserverbrauchs bei Waschmaschinen und Pumpenprüfständen berücksichtigt.

Das minimale Speichervolumen ergab sich unter Zugrundelegung der abzudeckenden dreiwöchigen Spitzenbedarfswerte (vgl. Tabelle 6) zu 295 m³.

Tabelle 6: Spitzenbedarf in drei Wochen (zur Dimensionierung des Speichers)

Verwendung	Bedarf [m ³]
Toilettenspülung	171
Waschmaschinen	75
Prüfstände	48
sonstiges	1
Summen	295

Kosten

Der Hauptteil der Investitionskosten würde durch den Bau des Regenwasserspeichers entstehen. Es würden Kosten in Höhe von rund 120.000 € verursacht. Diese Kosten beinhalten den Bau des Speichers mit Zulauf, Überlauf und Entnahme sowie den Vorfilter mit allen notwendigen Anschlüssen.

Weitere Kosten würden durch die erforderlichen Leitungen zur Entnahme und zur Nachspeisung entstehen. Beide Leitungen können im selben Rohrgraben verlegt werden. Somit würden für Aushub und Verfüllung nur einmalige Kosten anfallen. Für die Verlegung der beiden Leitungen ergäben sich Gesamtkosten in Höhe von 10.000 €.

Durch die Förderung von Regenwassernutzungsanlagen durch das Land Schleswig-Holstein könnten die reinen Investitionskosten um 39.000 €, d. h. ca. 30 %, gesenkt werden.

Betriebskosten, welche sich auf Elektrizität für die Entnahmepumpe und die jährliche Reinigung des Filters blieben beschränkten, blieben unberücksichtigt. Eventuell notwendige weitere Wartungskosten hängen nicht originär mit einer Regenwassernutzung zusammen und wurden nicht weiter betrachtet.

Den Kosten stehen die Einsparungen gegenüber. Für das eingesparte Trinkwasser fallen keine Gebühren mehr an. Da dieses zur Toilettenspülung verwendet wird, entstehen nach wie vor Kosten für Abwasser. Im Jahr 2000 betrug die Trinkwassergebühr 1,07 €/m³. Somit würde die Ersparnis 2.247 € pro Jahr betragen. Für entnommenes Eigenwasser wird eine Grundwasserabgabe erhoben. Im Jahr 2000 betrug sie 0,10 €/m³. Folglich würden hier weitere 307 € pro Jahr eingespart.

Tabelle 7 bietet eine Übersicht über die entstehenden Kosten und die Einsparungen pro Jahr.

Tabelle 7: Kosten der Regenwassernutzungsanlage und Ersparnisse pro Jahr

Investitionskosten:	
Speicher + techn. Ausrüstung	120.000,-- €
Leitungen, Filter, Pumpen	10.000,-- €
abzügl. Zuschüsse	- 39.000,-- €
Summe:	91.000,-- €
Ersparnis pro Jahr:	
Trinkwasser	2.247,-- €/a
Eigenwasser	307,-- €/a
Summe	2.554,-- €/a

Den Investitionskosten von insgesamt 91.000 € stünden somit jährliche Einsparungen von 2.554 € pro Jahr gegenüber. Eine Amortisation der Regenwassernutzungsanlage wäre nach obiger Rechnung erst nach ca. 36 Jahren gegeben. Der Kapitalertrag wurde nicht eingerechnet. Unter rein wirtschaftlichem Blickwinkel ist somit eine Regenwassernutzung in vorliegendem Falle kritisch zu beurteilen. Jedoch sollten die möglicherweise in der Zukunft stark steigenden Wasserpreise und die durch Nutzung von Regenwasser zumindest teilweise Unabhängigkeit von externen Versorgern nicht außer Acht gelassen werden.

6 Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser in Haushalt und Industrie wird wesentlich durch die Faktoren Investitionskosten für die Installation der Regenwassernutzungsanlage und des Betriebswassernetzes, Wartungskosten, Trinkwassersubstitutionsgrad, Höhe der Trink- und Abwassergebühren und deren Entwicklungstrend, Gestaltung der Abwassersatzung und Subventionen bestimmt.

Die Baukosten der Anlagen können durch Eigenleistungen oder zentrale Lösungen z. B. bei Reihenhausbebauung, eventuell reduziert werden. Die Anlagen sowie das Betriebswassernetz sollten fachgerecht, gemäß aktuellem Stand der Technik und mit qualitativ hochwertigen Komponenten ausgeführt werden, um sowohl einen wartungsarmen Betrieb als auch eine gute Wasserqualität zu gewährleisten. Da die Kosten für den Speicher bis zu 50 % der Anlagenkosten betragen können, kommt der Ermittlung des tatsächlich notwendigen Speichervolumens auf der Basis des Betriebswasserbedarfs unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten Bedeutung zu.

Die Art der Nutzungsbereiche und der jeweilige Betriebswasserbedarf bestimmen die Höhe des Trinkwassersubstitutionsgrades, was wiederum einen entscheidenden Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Anlage darstellt. Ein möglichst ausgeglichenes Verhältnis von Regendargebot und Betriebswasserbedarf sowie ein hoher Bedarfsdeckungsgrad sollte im Hinblick auf einen wirtschaftlich optimierten Betrieb angestrebt und bei der Konzeption und Bemessung der Anlage zugrundegelegt werden.

Die Höhe der Trink- und Abwassergebühren sowie die Gestaltung der Abwassersatzung, insbesondere der Berechnungsmodus bei Regenwassernutzung, stellen die wesentlichsten Einflussfaktoren im Hinblick auf wirtschaftlichen Betrieb und Amortisationszeit von Regenwassernutzungsanlagen dar. Die Spanne der Gebühren für Trink- und Abwasser ist innerhalb der Bundesrepublik Deutschland so groß, dass bei Zugrundelegung niedriger Gebührensätze extrem unwirtschaftliche Szenarien für die Nutzung von Regenwasser resultieren, bei Zugrundelegung überdurchschnittlicher Gebührensätze aber durchaus wirtschaftliche Szenarien erhalten werden. Die Anwendung eines in Schmutzwasser und Niederschlagswasser gesplitteten Abwassergebührensatzes erscheint im Zuge einer möglichst verursacherbezogenen Gebührengestaltung als geeignet um Maßnahmen zum Rückhalt von Niederschlagswasser zu forcieren. Bei Nachweis der entwässerungstechnischen Effektivität einer Regenwassernutzungsanlage kann die Kommune hierbei auf Erhebung von Niederschlagsgebühr der angekoppelten abflusswirksamen Fläche verzichten, bzw. diese gegebenenfalls reduzieren. Hierdurch entsteht ein Anreiz die entwässerungstechnische Effektivität von Regenwassernutzungsanlagen durch geeignete Maßnahmen zu optimieren.

Eine Regenwasserbewirtschaftung mit dezentralen Retentionsspeichern kann in verdichteten, innerstädtischen Bereichen zur Trinkwassersubstitution (WC, Waschmaschine), vor allem jedoch zur Reduzierung des niederschlagsbedingten Abwasseranteils und zur Abflussverzögerung beitragen. In Abhängigkeit der Randbedingungen (spezifische Dachfläche, spezifische Entnahmemenge) kann ein wesentlicher Anteil des Niederschlagswasserabflusses der Dachflächen zurückgehalten und genutzt werden bzw. stark gedrosselt abgeleitet werden. Durch die naturgemäße Installation der Speicher als Erdbehälter ergibt sich der weitere Vorteil, dass wertvolle (Bau-)Flächen in verdichteten Siedlungsräumen geschont werden können.

7 Literatur

- [1] Rott, U.: Die Tiefs und Hochs der Grundwasserstände; Vortrag Wasserwirtschaftssylvestertag des Erftverbandes, 31. Oktober 2003
- [2] Rott, U.: Grundwasserstände, zu niedrig - zu hoch?, Editorial, Wasser und Abfall, 3, 2003, S. 3
- [3] Rott, U.; Schlichtig, B.: Regenwassernutzung - Ein Beitrag zum Gewässerschutz oder eine Gefährdung für die Sicherheit unserer Wasserversorgung?, Wasser und Boden, 11/96, 14-21
- [4] Rott, U.; Schlichtig, B.: Literaturstudie zum Thema Regen- und Grauwassernutzung; erstellt im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg 11/1994
- [5] Schüle, E.: Hygiene und Wasserqualität bei der Nutzung von Regenwasser, Vortragsmanuskript i.R. des Seminars "Jeder Tropfen zählt" Regensburg 10. 11.1997
- [6] Holländer, R. et. al.: Mikrobiologisch-hygienische Aspekte bei der Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser für Toilettenspülung, Gartenbewässerung und Wäschewaschen; Gesundheitswesen 58 (1996) S. 288-293
- [7] Lücke, F.-K.: Brauchwasserqualität - Anforderungen und Realität; WAP 3/96, 19-21
- [8] Moll, B.: Regenwassernutzung. Fachliche Berichte der Hamburger Wasserwerke GmbH, 2, S. 33 - 41
- [9] Holländer, R. et. al.: Hygienische Aspekte bei der Wäsche mit Regenwasser; Forum Städte-Hygiene, 44, 1993, S. 252 - 256
- [10] Senatsverwaltung Bau u. Wohnungswesen, Berlin: Merkblatt "Betriebswassernutzung in Gebäuden", Berlin 1995
- [11] Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr): Hygienische Aspekte bei der Regenwassernutzung - Dokumentation des fbr-Fachsymposiums in Fulda vom 21.10. 1998, fbr-Reader 1, Darmstadt 1999
- [12] Bundesgesetzblatt: Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung. Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 24, Bonn am 28.05.2001, S. 959 - 980
- [13] Grohmann, A.; Hässelbarth, U.; Schwerdtfeger, W.: Die Trinkwasserverordnung - Einführung und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin 2003
- [14] fbr: fbr-Wasserspiegel 2/02, Fachzeitschrift der Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. März 2002, 7. Jahrgang
- [15] Deutsche Norm: DIN 1989-1, Regenwassernutzungsanlagen: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung, Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag Berlin GmbH, Berlin 2002
- [16] Deutsche Norm: DIN 1989-3, Regenwassernutzungsanlagen: Regenwasserspeicher, Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag Berlin GmbH, Berlin 2002

- [17] Deutsche Norm: Entwurf DIN 1989-2, Regenwassernutzungsanlagen: Filter, Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag Berlin GmbH, Berlin 2002
- [18] Bullermann, M; Göbel, N.: Regenwassernutzung für Reihenhäuser, ein System und Kostenvergleich; fbr-Wasserspiegel1/99, 30-32 (Teil 1), 2/99 8-11 (Teil 2)
- [19] König, K.W.: Regenwassernutzung von A-Z; MALLBETON, DS-Pfohren 2000
- [20] König, K. W.: Regenwasser in der Architektur, Ökobuch Verlag, Staufen 1996
- [21] Rott, U.; Schüle, E. : Möglichkeiten der Regen- und Grauwassernutzung und ihre Kosten, Berichte der 31. Essener Tagung, Gewässerschutz-Wasser-Abfall 165, 1S. 2/1 - 25, Aachen 1998
- [22] Rott, U.; Meyer, C.: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung im innerstädtischen Bereich, Wasser und Abfall, 3, 2000, S. 8 - 13
- [23] Rott, U.; Schüle, E.; Schlichtig, B.: Regenwassernutzung - wassergütwirtschaftlicher Teil einer Ökobilanz; Abschlussbericht, i. A. des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg 1996
- [24] BGW: www.bgw.de (3/2000)
- [25] ATV: www.atv.de (3/2000)
- [26] ATV: Stand und Finanzierung der Abwasserentsorgung, ATV-Schriftenreihe Bd. 08, Hennef 1997
- [27] Laun, U.; Gramel, S.; Sonnenburg, A.; Urban, W.: Kosten-Nutzen-Untersuchung der Brauchwasseranlage an der TU-Darmstadt; fbr-Wasserspiegel, 3, 1999, S. 12 - 13

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr.-Ing. U. Rott und Dipl.-Ing. C. Meyer, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, Bandtäle 2, 70569 Stuttgart