

Wasserverbrauch im gleichen Zeitraum praktisch konstant geblieben ist [2], wurde dieser Mehrverbrauch durch Wassersparmaßnahmen, z. B. reduzierten Wasserverbrauch von Wasch- und Spülmaschinen, ausgeglichen.

Die hier berechnete Zunahme des Trinkwasserverbrauchs geht ausschließlich auf den zunehmenden Anteil an kleinen Haushalten zurück. Unabhängig davon nimmt die Wassernutzung je Person in allen Haushalten zu. Dies ist vor allem zurückzuführen auf die Modernisierung von Altbauten mit Einbau zusätzlicher Duschen und Bäder. Der erhöhte Komfort führt auch zu einer häufigeren Nutzung dieser Einrichtungen. Wegen komfortabler Waschmaschinen wird häufiger gewaschen. Auch dies bedingt eine erhöhte Wassernutzung. Daneben steigt die Trinkwassernutzung bei steigendem Lebensstandard durch den Bau von privaten Saunen und Schwimmbädern sowie durch die zunehmende Verbreitung von Whirlpools. Die tatsächliche Zunahme der Trinkwassernutzung durch die verbesserte Ausstattung der Haushalte mit sanitären Einrichtungen und

veränderte Lebensgewohnheiten ist getrennt von dem hier beschriebenen Effekt zu erfassen.

Schrifttum

- [1] Statistisches Bundesamt: Gruppe VIII B. Veröffentlicht in: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, Fachserie 1, Reihe 3, Haushalte und Familie, Wiesbaden, 1992.
- [2] Stadtfeld, R.: Die Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung 1970–1990. gwf – Wasser-Abwasser 132 (1991), Nr. 12.
- [3] LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Wer den Tropfen nicht ehrt... – Empfehlungen zum sparsamen Umgang mit Trinkwasser im Haushalt. Faltblatt.
- [4] Fleckner, H.: Praktische Erfahrungen mit Wohnungswasserzählern. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 74: Wasserfachliche Aussprachetagung Bielefeld 1992. Eschborn, 1992.

Anschriften der Verfasser

Dr.-Ing. Gerhard Björnsen, Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Kurfürstenstr. 87a, 5400 Koblenz; Dr.-Ing. Ulrich Roth, Beratender Ingenieur, Auf der Hardt 33, 5427 Bad Em

Regenwassernutzung im häuslichen Bereich

U. ROTH · BAD EMS

Utilization of rainwater in households

Die Struktur der Wasserverwendung in den Haushalten und die Möglichkeiten für den Einsatz von Regenwasser sowie die dafür erforderlichen technischen Einrichtungen werden beschrieben. Auf Grundlage der hydrologischen Gegebenheiten und des Gebäudebestandes in der Bundesrepublik Deutschland wird das durch den Einsatz von Regenwasser erreichbare Trinkwasser-Einsparpotential und die Kosten für diesen Effekt abgeschätzt.

The pattern of water consumption in households, the possibilities for the utilization of rain-water and the necessary technical installations are described. The potential rate of saving drinking water by rain-water utilization and the costs for this effort are estimated, based on the hydrological conditions and the number and types of buildings in the Federal Republic of Germany.

1 Einführung

Im Zusammenhang mit Wassersparmaßnahmen wird in der letzten Zeit verstärkt die Nutzung von Regenwasser, vor allem Dachablaufwasser in Haushalten diskutiert. Ziel der Regenwassernutzung soll sein, wertvolles Trinkwasser dort zu ersetzen, wo keine Trinkwasserqualität erforderlich ist. Unstrittig ist dies für die Gartenbewässerung und die Autowäsche. Kontrovers diskutiert wird dagegen die Nutzung von Regenwasser im Haushalt selbst, also für die Toiletten-spülung und zum Waschen und Putzen.

Die Befürworter der Regenwassernutzung stellen den dadurch erreichbaren Spareffekt in den Vordergrund [1, 2]. Die Bedenken der Gegner der Regenwassernutzung im Haushalt beziehen sich vor allem auf die Hygiene und die Betriebssicherheit [3, 4, 5], aber auch auf die Wirtschaftlichkeit der Regenwasseranlagen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten [5]. Sie geben der rationellen Nutzung des Trinkwassers den Vorrang [6].

Die wasserwirtschaftlichen, technischen und strukturellen Randbedingungen sind maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen und für den erzielbaren Einspareffekt beim Trinkwasser.

2 Struktur des Wasserverbrauchs in den Haushalten

Der Wasserverbrauch in den Haushalten ist statistisch nicht von dem in kleineren Gewerbebetrieben zu trennen, die in

Wohnhäusern angesiedelt sind. Der Wasserverbrauch in Haushalten und Kleingewerbe folgt weitgehend der Bevölkerungsentwicklung. Der tägliche Pro-Kopf-Verbrauch ist seit etwa 10 Jahren weitgehend konstant. 1990 lag er bei 146 Litern pro Einwohner und Tag [7].

Der Anteil des Kleingewerbes am Wasserverbrauch wird auf 10 bis 15% geschätzt [7]. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch in den Haushalten liegt demnach zwischen 120 und 135 l/d.

Über die Verwendung des Trinkwassers in den Haushalten gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben, bei denen meist der Wasserverbrauch im Kleingewerbe mitgerechnet wird. In Anlehnung an Angaben der LAWA [8] ergeben sich auf Grundlage eines Durchschnittsverbrauchs von 135 l/d die in der Tabelle 1 zusammengestellten Daten.

3 Einsatzmöglichkeiten für Regenwasser im häuslichen Bereich

Die Nutzung von Regenwasser für die Hausgartenbewässerung und für die Autowäsche ist unstrittig.

Zur Bewässerung von Hausgärten ist kein Trinkwasser erforderlich, wenn Regenwasser zur Verfügung steht. Nach Tabelle 1 wird in diesem Bereich durchschnittlich 4% des Trinkwassers entsprechend rund 5 l/d pro Person verwendet. Die Angaben in der Literatur zum Trinkwasserverbrauch im Garten sind allerdings recht unterschiedlich.

Die Autowäsche am Straßenrand und auf Privatgrundstücken ist vielfach verboten, weil die umweltgerechte Entsorgung des mit Reinigungsmitteln, Schmutz und Mineralölprodukten verunreinigten Waschwassers dort meist nicht sichergestellt ist. Es ist daher fraglich, ob die Verwendung von Regenwasser für diesen Zweck empfohlen werden sollte. Für die Autowäsche werden nach Tabelle 1 etwa 2% des Trinkwassers oder 3 l/d pro Person verwendet. Auch diese Zahl wird in der Literatur recht unterschiedlich angegeben.

Durch den ausschließlichen Einsatz von Regen- oder anderem Brauchwasser zur Gartenbewässerung und zur Autowäsche lassen sich also rund 6% des derzeitigen Trinkwasserbedarfs der Haushalte, das sind rund 8 l/d pro Person einsparen. Wenn das bestehende, teilweise Verbot der Autowäsche am Straßenrand und auf Privatgrundstük-

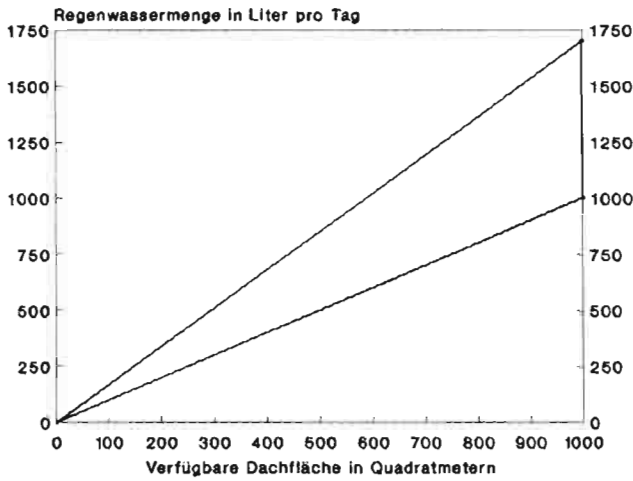


Bild 1 Regenwassermenge in Abhängigkeit von der Dachfläche

ken konsequent eingeführt und durchgesetzt würde, hätte dies den gleichen Effekt.

Der Einsatz von Regenwasser im Haushalt selbst wird derzeit kontrovers diskutiert. In den Haushalten wird der größte Teil des Trinkwassers von 32 % für die Toilettenspülung verbraucht, das sind 43 Liter pro Person und Tag. Zum Wäsche-Waschen werden rund 12 % des Trinkwassers genutzt, das sind 16 l/d pro Person. Die wasserwirtschaftlichen und strukturellen Voraussetzungen für die Regenwassernutzung in diesen Bereichen werden in der Folge beschrieben.

4 Technische Grundlagen

Für die Sammlung des Regenwassers ist ein ausreichend dimensionierter Vorratsbehälter erforderlich, in den das Regenwasser eingeleitet wird [1, 2, 5]. In der Regel werden Kunststofftanks oder abgedichtete ehemalige Klärgruben verwendet.

Aus dem Tank läuft das Wasser ggf. mit Hilfe einer Pumpe zu den Verbrauchsstellen. Diese sind durch Schilder „Kein Trinkwasser“ zu kennzeichnen. Das Betriebswassernetz ist strikt vom Trinkwassernetz zu trennen. Es ist entsprechend zu kennzeichnen, um zu verhindern, daß bei späteren Umbauarbeiten eine Verbindung zum Trinkwassernetz hergestellt wird [9].

Für Toilettenspülung und zum Wäsche-Waschen ist vorzusehen, ersatzweise Trinkwasser einzuspeisen, wenn der Regenwasser-Vorratsbehälter leer ist. Dabei ist mit Sicherheit auszuschließen, daß Regenwasser in das Trinkwassernetz eindringt [9].

Bei der Bewertung einer Betriebswasseranlage ist die ökologische Gesamtbilanz der Anlage aufzustellen, in die nicht nur die monetären Kosten, sondern auch der Wasser- und Energieverbrauch bei Herstellung, Installation und Betrieb der Anlage auf der einen Seite und die Einsparung an Trinkwasser und Energie zu Förderung, Aufbereitung und Transport des Trinkwassers auf der anderen Seite eingehen [5].

Die Kosten für die Installation eines improvisierten Vorratsbehälters und einer Zapfstelle im Garten betragen nach Herstellerangaben etwa 500,- bis 1000,- DM. Die Installationskosten für eine Regenwasseranlage in Haushalt und Garten liegen für ein Einfamilienhaus in der Regel über 5000,- DM [1]. Betriebskosten für die Regenwasseranlagen sind vor allem Energiekosten für eine ggf. erforderliche Pumpe und Wartungskosten.

In Baden-Württemberg ist ein Fall bekannt, bei dem durch eine nachträglich unsachgemäß veränderte Regenwasseranlage das Trinkwassernetz einer Kleinstadt mit coliformen Keimen verunreinigt wurde [10]. Die Sanierungsko-

sten betragen rund 12 000,- DM. Für die Spülung des Trinkwassernetzes wurden rund 1500 m³ Wasser verbraucht. Solche Kosten und Risiken gehen als Betriebskosten in die ökologische Gesamtbilanz ein.

5 Hydrologische Grundlagen

Auf das Gebiet der alten Länder der Bundesrepublik Deutschland fallen jährlich im Mittel 837 mm Niederschlag [10]. Die Bandbreite liegt zwischen unter 500 mm in den Tiefebene und über 2000 mm in den Hochgebirgen.

Diese Wassermenge ist durch Auffangbehälter nicht vollständig aufzunehmen. Ein Teil des Niederschlages verdunstet auf der Dachfläche. Ein anderer Teil fällt während längerer Regenperioden oder bei Starkregenereignissen.

Tabelle 1 Trinkwasserverwendung in Haushalten (ohne Kleingewerbe)

Verbrauchssektor	%	l/EW · d
Toilettenspülung	32	43
Baden und Duschen	30	41
Wäsche waschen	12	16
Körperpflege	6	8
Geschirrspülen	6	8
Hausgartenbewässerung	4	5
Autowäsche	2	3
Trinken und Kochen	2	3
Sonstiges	6	8
Summe	100	135

Tabelle 2 Wasser- und Flächenbedarf pro Person

	Wasserbedarf Liter pro Person und Tag	Erforderliche Dachfläche pro Person Quadratmeter
Gartenbewässerung	5	2,9 bis 5,0
Autowäsche	3	1,8 bis 3,0
Toilettenspülung	43	25,3 bis 43,0
Wäsche waschen	16	9,4 bis 16,0
Summe	67	39,4 bis 67,0

Tabelle 3 Wohnungsbestand 1987 [13]

Es wohnen in Gebäuden mit	Mill. EW	Prozent
einer Wohnung	22,6	36,5
zwei Wohnungen	11,8	19,0
3 bis 6 Wohnungen	12,2	19,7
7 bis 12 Wohnungen	8,4	13,6
13 und mehr Wohnungen	5,2	8,4
andere Art der Unterbringung	1,8	2,8
Summe	62,0	100,0

Tabelle 4 Gebäudebelegung 1987 [13] und Dachfläche pro Person

Gebäudetyp	Durchschnittliche Belegung Personen/ Gebäude	Dachfläche Quadratmeter	Durchschnittliche Dachfläche pro Person Quadratmeter
1- bis 2-Familien-Reihenhaus	3,54	50-100	14-28
Freistehendes			
1- bis 2-Familienhaus	3,54	80-250	23-71
3- bis 12-Familienhaus	10,80	100-300	9-28
Wohnblock für mehr als 12 Familien	40,36	200->1000	5->25
Zum Vergleich: Erforderliche Dachfläche nach Tabelle 2:			39-67

Diese Wassermengen könnten nur mit sehr großen Speichern aufgenommen werden. Bei wirtschaftlicher Auslegung der Vorratsbehälter laufen diese Wassermengen über.

Es wird angenommen, daß etwa 50 bis 70 % des Niederschlages tatsächlich nutzbar sind, also im Mittel rund 400 bis 600 mm pro Jahr. Dann stehen in Deutschland im Mittel täglich etwa 1,0 bis 1,7 l/m² Regenwasser zur Verfügung. In Abhängigkeit von der nutzbaren Dachfläche ergibt sich die nutzbare Regenwassermenge gemäß Bild 1.

Der Bedarf an Dachfläche für die Versorgung einer Person mit Regenwasser für die verschiedenen Nutzungsarten ist in der Tabelle 2 zusammengestellt.

6 Gebäudebestand

1989 gab es in der Bundesrepublik Deutschland 12,3 Millionen Wohngebäude mit 26,1 Millionen Wohnungen, davon 7,7 Millionen Einfamilien-, 2,6 Millionen Zweifamilien- und 2,0 Millionen Mehrfamilienhäuser mit durchschnittlich 6,65 Wohnungen pro Haus [12].

Eine genauere Aufgliederung des Gebäude- und Wohnungsbestandes gibt die Gebäude- und Wohnungszählung 1987 [13]. Tabelle 3 zeigt, welche Bevölkerungsanteile in den unterschiedlichen Gebäudetypen wohnen. Danach wohnen 55,5 % der Bevölkerung in Ein- und Zweifamilienhäusern, 33,3 % in Mehrfamilienhäusern mit bis zu 12 Wohnungen und 8,4 % in großen Wohnblocks. 2,8 % der Bevölkerung sind anders untergebracht, beispielsweise in Wohnheimen, Krankenhäusern und ähnlichem.

Die Dachfläche von Wohnhäusern variiert stark. Neben der Anzahl der Wohnungen spielen vor allem die Zahl der Geschosse und die Größe der Wohnungen eine Rolle. Die Größenordnungen der Dachflächen typischer Wohngebäude mit den durchschnittlichen Belegungszahlen dieser Gebäudetypen nach der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 ergeben die durchschnittlichen Dachflächen pro Person nach Tabelle 4.

Es ist offensichtlich, daß die Dachflächen in der Regel nur bei freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern groß genug sind, um angemessen zum Wasserbedarf im Haushalt beitragen zu können. In dichtbesiedelten Stadtbezirken scheidet die Regenwassernutzung in den Haushalten daher in der Regel aus. Bei allen Gebäudetypen reicht die Dachfläche dagegen rechnerisch aus, um die Gartenbewässerung sicherzustellen.

7 Abschätzung des Trinkwasser-Einsparpotentials durch den Einsatz von Regenwasser im Haushalt

In Ein- und Zweifamilienhäusern wohnten 1987 im alten Bundesgebiet 55,5 % der Einwohner. Es wird angenommen, daß 50 % davon freistehende Häuser mit ausreichenden Dachflächen sind. Die meisten dieser Häuser befinden sich in Privateigentum. Die Abschätzung basiert auf der Annahme, daß mittelfristig 10 % dieser Häuser mit Regenwasseranlagen ausgestattet werden können. Wenn in diesen Häusern der Wasserbedarf für die Toilettenspülung und das Waschen von Wäsche (zusammen 59 l/d pro Person) zu 90 % mit Regenwasser gedeckt wird, so beträgt das Einsparpotential pro Person und Tag

$$0,555 \cdot 0,50 \cdot 0,10 \cdot 0,90 \cdot 59 \text{ Liter} = 1,47 \text{ Liter},$$

entsprechend etwa 1,1 % des gesamten Wasserbedarfs der Haushalte. Auf die Bundesrepublik Deutschland in den alten Grenzen hochgerechnet wäre dies eine Einsparung von jährlich $33 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Trinkwasser.

Um diesen Effekt zu erzielen, sind 5 % der 10,3 Millionen Ein- und Zweifamilienhäuser im alten Bundesgebiet [12] mit Regenwasseranlagen auszustatten, das sind 515 000 Regenwasseranlagen. Das dazu erforderliche Investitionsvolumen beläuft sich bei einem Stückpreis von 5300,- DM [1] auf rund 2,7 Milliarden DM oder 82 DM pro m³ Jahreskapazität.

Wird in der Abschätzung berücksichtigt, daß der Wasserbedarf für Toilettenspülung und Wäsche-Waschen durch den Einsatz wassersparender Spülkästen und Waschmaschinen in Zukunft wesentlich zurückgehen wird, so fällt der mögliche Einspareffekt durch den Einsatz von Regenwasser deutlich niedriger aus.

Werden die Jahreskosten der Regenwasseranlagen mit 12 % der Investitionskosten angenommen, so ergibt sich ein Preis von 9,82 DM pro Kubikmeter Regenwasser. Irgendwelche Risiken sind darin nicht berücksichtigt. Der durchschnittliche Preis für einen Kubikmeter Trinkwasser lag demgegenüber im Jahre 1990 bei 2,21 DM [7].

Diese einfache Gegenüberstellung kann die ökologische Gesamtbilanz nicht ersetzen, sie deutet aber darauf hin, daß der Aufwand an Rohstoffen und Energie zur Installation und zum Betrieb von Regenwasseranlagen nicht unerheblich ist.

Durch den Einsatz von Regenwasser zur Hausgartenbewässerung wären dagegen mit einfachen Mitteln erhebliche Wassermengen einzusparen. Wenn Autos nur noch in Waschanlagen gewaschen würden, in denen das Wasser im Kreislauf gefahren wird, so würden dadurch rund 3 Liter Trinkwasser pro Person und Tag eingespart. Da Waschanlagen praktisch ausnahmslos mit Stoffabscheidern ausgestattet und an die Kanalisation angeschlossen sind, wäre damit auch auf der Abwasser-Seite eine wesentliche Verbesserung erreicht.

Schrifttum

- [1] Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten: Nutzung von Regenwasser - Empfehlungen zur Nutzung in privaten und öffentlichen Gebäuden. Wiesbaden, 1992.
- [2] Umweltbehörde Hamburg/Hamburger Wasserwerke GmbH: Regenwassernutzung im Haus. 4. Auflage, Hamburg, 1991.
- [3] Umweltbundesamt: Nutzung von Regen- und Brauchwasser im Haushalt, Stand 4/89. Umweltbundesamt III 3.3, Berlin 1989.
- [4] Bundesgesundheitsamt: bga-Pressedienst Nr. 38/1991 vom 28. August 1991.
- [5] DVGW, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., TWIN-Informationen des DVGW zur Trinkwasserinstallation Nr. 5, 10/91.
- [6] Deutscher Bundestag: 11. Wahlperiode: Drucksache Nr. 11/8031 vom 2. 10. 1990: Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage ..., Bonn 1990.
- [7] Stadtfeld, R.: Die Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung 1970-1990. gwf-Wasser-Abwasser 132, 1991, Nr. 12, S. 660-670.
- [8] LAWA, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Wer den Tropfen nicht ehrt ..., (Faltblatt).
- [9] DIN 1988, Teile 1-8: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI), Technische Regeln des DVGW. Berlin, Köln: Beuth-Verlag GmbH, 1988.
- [10] Stadtwerke Bietigheim-Bissingen: Zeitschrift für die Kunden der Stadtwerke Bietigheim-Bissingen. Heft 5/6 '92, S. 5, Bietigheim-Bissingen, 1992.
- [11] Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt 1990/91. Berlin: Erich Schmidt Verlag 1992.
- [12] Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch 1991 für das vereinte Deutschland. Wiesbaden: Metzler-Poeschel 1991.
- [13] Statistisches Bundesamt: Gebäude- und Wohnungszählung 1987, Fachserie 5, Heft 3, Teil 1: Struktur und Nutzung des Gebäudebestandes. Wiesbaden.

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. Ulrich Roth, Beratender Ingenieur, Auf der Hardt 33, 5427 Bad Ems

Fortsetzung auf Seite 173