



#jetztklimachen

unterstützt vom



KLIMA
INNOVATIONS
FONDS



ReWaterCity

Betreibermodelle für dezentrale Wasserwiederverwendung



Inhaltsverzeichnis

1	<u>EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG</u>	<u>4</u>
2	<u>DEZENTRALE WASSERWIEDERVERWENDUNG ALS BETREIBERAUFGABE.....</u>	<u>6</u>
2.1	VON DER ABWASSERBEHANDLUNG ZUR LOKALEN WASSERRESSOURCE	7
2.2	WASSERWIEDERVERWENDUNG ERWEITERT DIE BETREIBERAUFGABE	9
3	<u>POTENZIELLE NUTZER UND ANWENDUNGSFÄLLE</u>	<u>12</u>
3.1	POTENZIELLE NUTZERGRUPPEN	12
3.2	TYPISCHE ANWENDUNGSFÄLLE.....	16
3.3	BEDEUTUNG VON NUTZERSTRUKTUR UND ANWENDUNGSPROFIL FÜR DAS BETREIBERMODELL	19
4	<u>AUFGABEN, ROLLEN UND VERANTWORTLICHKEITEN</u>	<u>21</u>
4.1	PROJEKTENTWICKLUNG UND KONZEPTION	21
4.2	PLANUNG, GENEHMIGUNGSMANAGEMENT UND UMSETZUNG	22
4.3	HERSTELLER, ANLAGENLIEFERANT UND TECHNISCHER INTEGRATOR	23
4.4	EIGENTÜMER UND INVESTOR	24
4.5	TECHNISCHER ANLAGENBETRIEB	25
4.6	WASSERQUALITÄT, MONITORING UND RISIKOMANAGEMENT.....	26
4.7	NUTZER UND ABNEHMER DES AUFBEREITETEN WASSERS	26
4.8	KOORDINATION, MANAGEMENT UND SCHNITTSTELLEN	27
4.9	ROLLEN KÖNNEN KOMBINIERT ODER GETRENNT WERDEN	28
5	<u>ANFORDERUNGEN AN EIN TRAGFÄHIGES BETREIBERMODELL</u>	<u>30</u>
5.1	TECHNISCHE UND BETRIEBLICHE TRAGFÄHIGKEIT	30
5.2	GENEHMIGUNGSBEDINGUNGEN UND SICHERE NUTZUNG	31
5.3	WIRTSCHAFTLICHKEIT, KAPITALBINDUNG UND FINANZIERUNGSRAHMEN	33
5.4	RISIKO, STEUERUNG UND ABHÄNGIGKEITEN	34
5.5	VERTRAGSLAUFZEIT UND LANGFRISTIGE BINDUNG.....	36
5.6	ANPASSUNGSFÄHIGKEIT UND SKALIERBARKEIT	37
5.7	GESAMTABWÄGUNG STATT EINZELOPTIMIERUNG	38
6	<u>BETREIBERMODELLE FÜR DEZENTRALE WASSERWIEDERVERWENDUNG</u>	<u>39</u>

6.1	EIGENBETRIEB DURCH DEN NUTZER	39
6.2	KOMMUNALES BETREIBERMODELL	40
6.3	GEMEINSCHAFTS- UND KOOPERATIONSMODELL.....	40
6.4	BETREIBERVERTRAG MIT EINEM SPEZIALISIERTEN DIENSTLEISTER	41
6.5	CONTRACTING-MODELL	42
6.6	PROJEKTGESELLSCHAFT UND ÖFFENTLICH-PRIVATE KOOPERATIONEN	42
6.7	MISCHFORMEN UND MODULARE BETREIBERKONZEPTE	43
<u>7</u>	<u>BETREIBERKONZEPTE IM ZEITLICHEN PROJEKTVERLAUF</u>	<u>45</u>
7.1	PROJEKTINITIIERUNG UND VORBEREITUNG	45
7.2	PILOT- UND EVALUIERUNGSPHASE.....	46
7.3	BEFRISTETER BETRIEB ALS ÜBERGANGSPHASE	47
7.4	ÜBERGANG ZUM DAUERHAFTEN BETRIEB	48
7.5	HERSTELLER ALS LANGFRISTIGER PARTNER IM BETREIBERKONZEPT	48
7.6	PROJEKTBEGLEITUNG UND MODERATION ALS EIGENSTÄNDIGE FUNKTION.....	49
7.7	BETREIBERKONZEPTE ALS ENTWICKLUNGSFÄHIGE STRUKTUR	50
<u>8</u>	<u>VERGLEICH UND AUSWAHL GEEIGNETER BETREIBERMODELLE</u>	<u>52</u>
8.1	AUSGANGSPUNKT IST DIE STRUKTUR DES STANDORTES.....	52
8.2	VORHANDENE KOMPETENZEN ALS ENTSCHEIDUNGSKRITERIUM	53
8.3	BEDEUTUNG DER INVESTITIONSBEREITSCHAFT	54
8.4	EIN ODER MEHRERE NUTZUNGSPFADE.....	54
8.5	EINFLUSS DER GENEHMIGUNGSBEDINGUNGEN AUF DIE MODELLWAHL	55
8.6	BEDEUTUNG DER PROJEKTGRÖÖE.....	56
8.7	AUSWAHL ÜBER EIN STUFENWEISES VORGEHEN	56
8.8	TYPISCHE KONSTELLATIONEN ALS ORIENTIERUNG.....	57
8.9	VOM BETREIBERMODELL ZUM KONKRETEN BETREIBERKONZEPT	58
<u>9</u>	<u>ÜBERTRAGBARKEIT UND PERSPEKTIVEN FÜR DIE PRAKTISCHE UMSETZUNG</u>	<u>60</u>
9.1	VOM PILOTPROJEKT ZUM ÜBERTRAGBAREN LÖSUNGSANSATZ	60
9.2	GEEIGNETE STANDORTE FRÜHZEITIG IDENTIFIZIEREN	61
9.3	STANDARDISIERUNG OHNE STARRE STANDARDLÖSUNG	61
9.4	MOBILE ANLAGEN ALS INSTRUMENT FÜR DIE MARKTENTWICKLUNG.....	62
9.5	VOM HERSTELLER ZUM SYSTEMANBIETER	63
9.6	PROJEKTENTWICKLUNG UND FACHLICHE BEGLEITUNG ALS EIGENSTÄNDIGE LEISTUNG	64
9.7	AUFBAU VON ERFAHRUNGSWISSEN DURCH WEITERE PROJEKTE	65
9.8	DEZENTRALE WASSERWIEDERVERWENDUNG ALS NEUES LOKALES INFRASTRUKTURMODELL	65
9.9	PERSPEKTIVE NACH ReWaterCity	66
<u>10</u>	<u>FAZIT UND AUSBLICK</u>	<u>68</u>

10.1	DEZENTRALE WASSERWIEDERVERWENDUNG ALS BAUSTEIN EINER WASSERSENSIBLEN STADT	68
10.2	DEZENTRALE UND ZENTRALE WASSERWIEDERVERWENDUNG ALS UNTERSCHIEDLICHE LÖSUNGSANSÄTZE	69
10.3	WESENTLICHE ERKENNTNISSE AUS ReWaterCity	70
10.4	NEUE ROLLEN INNERHALB ZUKÜNFTIGER BETREIBERKONZEPTE	71
10.5	VON DER PILOTANWENDUNG ZUR WEITEREN UMSETZUNG	72
10.6	BEDEUTUNG FÜR KLIMAAANPASSUNG UND KLIMARESILIENZ.....	73
10.7	NACHHALTIGKEIT ALS ZUSAMMENSPIEL ÖKOLOGISCHER, ÖKONOMISCHER UND SOZIALER ANFORDERUNGEN	74
10.8	ReWaterCity ALS AUSGANGSPUNKT FÜR ZUKÜNFTIGE PROJEKTE.....	75

1 Einleitung und Zielsetzung

Die zunehmenden Auswirkungen des fortschreitenden Klimawandels, längere Trockenperioden und ein steigender Wasserbedarf stellen Städte und Regionen vor die Aufgabe, vorhandene Wasserressourcen effizienter zu nutzen. Gleichzeitig fallen insbesondere in dicht besiedelten Räumen kontinuierlich Abwasserströme an, die üblicherweise über die bestehende Kanalisation einer zentralen Behandlung zugeführt werden. Eine dezentrale Aufbereitung und anschließende Wiederverwendung dieses Wassers eröffnet die Möglichkeit, einen Teil dieser Ressource unmittelbar am Ort ihres Anfalls oder in dessen näherem Umfeld erneut zu nutzen. Trinkwasser kann dadurch gezielt dort substituiert werden, wo für die jeweilige Anwendung keine Trinkwasserqualität erforderlich ist.

An diesem Ansatz setzt das Projekt ReWaterCity an. Ziel des Projektes ist es, mit einem mobilen Wasserwiederverwendungssystem und einer begleitenden Umweltdatenerfassung das Potenzial der lokalen Nutzung von Abwasser für eine wassersensible und klimaresiliente Stadtentwicklung zu untersuchen. Das im Projekt eingesetzte System verfolgt einen dezentralen Ansatz, bei dem Abwasser lokal aufbereitet und anschließend einer geeigneten Nutzung zugeführt werden kann. Die mobile Ausführung ermöglicht es dabei grundsätzlich, unterschiedliche Standorte zu untersuchen und Erkenntnisse für eine mögliche spätere dauerhafte Anlage zu gewinnen. Bereits im Projektantrag wurde diese Vorgehensweise mit dem Ziel verbunden, für einen Standort Zahlen und Informationen als Grundlage einer späteren Investitionsentscheidung bereitzustellen und die mobile Anlage anschließend für die Untersuchung weiterer Standorte einzusetzen.

Die technische Aufbereitung des Abwassers stellt dabei jedoch nur einen Teil einer dauerhaft tragfähigen Lösung dar. Soll aus einem Pilot- oder Demonstrationsvorhaben ein langfristiger Regelbetrieb entstehen oder soll das Konzept auf weitere Standorte übertragen werden, müssen neben der technischen Machbarkeit auch organisatorische und wirtschaftliche Fragestellungen beantwortet werden. Es muss beispielsweise geklärt werden, wer eine Anlage plant und errichtet, wer die erforderlichen Investitionen trägt, in wessen Eigentum die Anlage steht und wer für ihren technischen Betrieb sowie für Wartung und Instandhaltung verantwortlich ist. Ebenso müssen die Bereitstellung des aufzubereitenden Abwassers, die Nutzung des erzeugten Wassers sowie die Verantwortung für dessen Qualität und die hierfür erforderlichen Kontroll- und Dokumentationsaufgaben dauerhaft geregelt werden.

Gerade bei dezentralen Systemen müssen diese Aufgaben nicht zwangsläufig von einem einzigen Akteur übernommen werden. Derjenige, bei dem das Abwasser anfällt, muss nicht zugleich Eigentümer oder Betreiber der Aufbereitungsanlage sein. Ebenso kann der Nutzer des aufbereiteten Wassers ein anderer Akteur sein als derjenige, der die Investition finanziert oder den technischen Betrieb sicherstellt. Planung, Finanzierung, Anlagenbetrieb, Wartung und Wassernutzung können somit auf unterschiedliche Beteiligte verteilt werden. Die organisatorische Ausgestaltung dieser Beziehungen wird damit zu einem wesentlichen Bestandteil einer erfolgreichen Wasserwiederverwendung.

Im Rahmen von ReWaterCity wurde deshalb neben den technischen und ökologischen Fragestellungen auch die Übertragbarkeit des Ansatzes auf zukünftige Anwendungen betrachtet. Der ursprüngliche Projektantrag sieht ausdrücklich die Erarbeitung verschiedener Betreibermodelle als Bestandteil der Kosten-Nutzen-Analyse vor.¹ Als mögliche Varianten werden dort beispielhaft der Betrieb der Anlage durch einen Abnehmer des Wassers sowie ein Modell genannt, bei dem ein Dritter als Betreiber auftritt und das aufbereitete Wasser verkauft. Diese Beispiele bilden jedoch nur einen Ausschnitt der grundsätzlich möglichen Betreiberkonstellationen. Abhängig von Standort, Nutzerstruktur, Anwendungsfall, Investitionsbereitschaft

und gewünschter Aufgabenverteilung sind zahlreiche weitere Modelle und insbesondere Kombinationen verschiedener Ansätze denkbar.

Ziel des vorliegenden Berichts ist es daher, mögliche Betreibermodelle für dezentrale Wasserwiederverwendung systematisch zu untersuchen und ihre jeweiligen Einsatzmöglichkeiten zu beschreiben. Im Mittelpunkt steht nicht die Entwicklung eines einzigen, allgemein gültigen Modells. Vielmehr soll aufgezeigt werden, welche Aufgaben beim Aufbau und dauerhaften Betrieb eines Wasserwiederverwendungssystems entstehen, welche Akteure diese übernehmen können und wie daraus unterschiedliche Betreiberkonstellationen entstehen. Auf dieser Grundlage sollen potenzielle Nutzer und Anwendungsfälle betrachtet sowie wesentliche technische, organisatorische und wirtschaftliche Anforderungen an ein Betreiberkonzept herausgearbeitet werden.

Dabei wird auch berücksichtigt, dass ein Betreiberkonzept nicht zwangsläufig über die gesamte Lebensdauer eines Projektes unverändert bleiben muss. Insbesondere bei neuartigen Anwendungen kann zunächst eine Erprobungs- und Evaluierungsphase sinnvoll sein, in der eine mobile oder transportable Anlage eingesetzt wird und die langfristige Eignung eines Standortes untersucht wird. Für eine solche Phase können andere Anforderungen an Investition, Vertragsgestaltung, Betrieb und Risikoverteilung bestehen als für eine anschließend dauerhaft installierte Anlage. Die Wahl eines Betreiberkonzeptes ist daher nicht ausschließlich vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig, sondern kann auch durch die Entwicklungsphase eines Projektes bestimmt werden.

Der Bericht richtet den Blick damit bewusst über die konkrete Umsetzung im Rahmen von ReWaterCity hinaus. Die im Projekt gewonnenen Erfahrungen bilden den Ausgangspunkt für eine übertragbare Betrachtung dezentraler Wasserwiederverwendung. Das Ziel besteht darin, Kommunen, Unternehmen, Eigentümern und Betreibern größerer Liegenschaften sowie weiteren potenziellen Anwendern eine Orientierung für die organisatorische Gestaltung zukünftiger Projekte zu geben. Die nachfolgenden Kapitel betrachten dazu zunächst die Besonderheiten dezentraler Wasserwiederverwendung aus Betreibersicht, bevor potenzielle Nutzer und Anwendungsfälle, Aufgaben und Verantwortlichkeiten sowie unterschiedliche Betreiberkonzepte näher untersucht werden.

2 Dezentrale Wasserwiederverwendung als Betreiberaufgabe

Die dezentrale Behandlung von Abwasser ist in Deutschland grundsätzlich kein neues Konzept. Neben der weit verbreiteten Ableitung kommunalen Abwassers über Kanalnetze zu zentralen Kläranlagen bestehen seit langem dezentrale Strukturen, bei denen Abwasser unmittelbar am Entstehungsort oder in dessen räumlicher Nähe behandelt wird. Welche Form der Abwasserbeseitigung vorgesehen ist, hängt unter anderem von den örtlichen siedlungsstrukturellen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen sowie den jeweiligen Abwasserbeseitigungskonzepten ab. Wo ein Anschluss an eine zentrale öffentliche Abwasserentsorgung nicht vorgesehen oder wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, kann die Abwasserbehandlung durch dezentrale Anlagen erfolgen.

Der Begriff der dezentralen Abwasserbehandlung darf dabei nicht mit einer ausschließlich auf einzelne Wohngebäude beschränkten Lösung gleichgesetzt werden. Zwar stellen Kleinkläranlagen für einzelne Grundstücke oder wenige angeschlossene Gebäude eine typische Ausprägung dar. Dezentrale Lösungen können jedoch auch deutlich größere Einheiten versorgen. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten können beispielsweise Gebäudegruppen, größere Liegenschaften, Hotel- und Ferienanlagen, gewerbliche Standorte, Industriegebiete, militärische Liegenschaften, Siedlungsbereiche oder ganze Ortsteile über eine gemeinsame dezentrale Abwasserbehandlung verfügen. Die Grenze zwischen einer kleinen grundstücksbezogenen Anlage und einer größeren dezentralen Lösung ist damit weniger für das grundlegende Prinzip entscheidend als die Tatsache, dass das Abwasser nicht über größere Entfernungen zu einer zentralen Kläranlage transportiert, sondern räumlich nahe an seinem Entstehungsort behandelt wird.

Auch die im Rahmen von ReWaterCity betrachteten technischen Grundlagen knüpfen an diese bereits etablierte Form der Abwasserbehandlung an. Die projektbezogene Darstellung der technischen Regelwerke verweist z.B. auf Regelungen für Kleinkläranlagen bis 50 Einwohnerwerte (EW). Gleichzeitig ist das im Projekt betrachtete technische Prinzip der dezentralen Aufbereitung nicht auf diese Größenordnung beschränkt. Je nach eingesetzter Technologie und Anlagenkonfiguration können dezentrale Systeme für wesentlich größere Anschlussgrößen ausgelegt werden. Für die Übertragbarkeit des ReWaterCity-Ansatzes ist deshalb nicht eine bestimmte Größenklasse entscheidend, sondern die Frage, ob am jeweiligen Standort ein geeigneter Abwasserstrom vorhanden ist und gleichzeitig ein sinnvoller lokaler oder regionaler Bedarf für das aufbereitete Wasser besteht.

Bei einer konventionellen dezentralen Abwasserbehandlung endet die eigentliche Aufgabe der Anlage im Wesentlichen mit der ordnungsgemäßen Reinigung und der anschließenden Ableitung des behandelten Wassers entsprechend den für den jeweiligen Standort geltenden Bedingungen. Das gereinigte Abwasser wird damit zwar dezentral behandelt, anschließend aber nicht zwingend als lokale Wasserressource genutzt. Genau an diesem Punkt setzt die Wasserwiederverwendung an.

ReWaterCity erweitert das Prinzip der dezentralen Abwasserbehandlung um einen zusätzlichen Nutzungsschritt. **Das aufbereitete Wasser wird nicht ausschließlich als zu behandelnder und anschließend abzugebender Stoffstrom betrachtet, sondern als potenziell nutzbare Ressource.** Abwasseraufbereitung und Wasserbereitstellung werden dadurch miteinander verbunden. Die dezentrale Anlage übernimmt nicht mehr ausschließlich die Funktion der Abwasserbehandlung, sondern wird zugleich zu einem Bestandteil einer lokalen Versorgung mit Brauchwasser für Anwendungen, bei denen die Nutzung von Trinkwasser vermieden oder reduziert werden kann.

Das verändert die Betrachtung des Gesamtsystems grundlegend. Während bei der reinen Abwasserbehandlung insbesondere die sichere Behandlung und der weitere Verbleib des gereinigten

Abwassers im Mittelpunkt stehen, kommt bei der Wasserwiederverwendung ein zweiter Bedarf hinzu: Das erzeugte Wasser muss in einer für die vorgesehene Anwendung geeigneten Qualität, Menge und möglichst auch zum benötigten Zeitpunkt bereitgestellt werden. Aus einem linearen Entsorgungsprozess entwickelt sich damit ein Nutzungskreislauf.

Gerade diese Verbindung zwischen Abwasserbehandlung und einer anschließenden lokalen Nutzung ist für die Betrachtung der Betreibermodelle von besonderer Bedeutung. Sie führt dazu, dass neben demjenigen, bei dem das Abwasser anfällt, und demjenigen, der für dessen Behandlung verantwortlich ist, weitere Akteure beteiligt sein können. Dies können beispielsweise Eigentümer der Anlage, technische Betreiber, Dienstleister, Nutzer des aufbereiteten Wassers oder Eigentümer der Flächen und Einrichtungen sein, auf denen das Wasser eingesetzt wird. In einfachen Fällen können mehrere dieser Rollen bei derselben Person oder Organisation liegen. Bei größeren oder komplexeren Anwendungen können sie dagegen auf verschiedene Akteure verteilt sein.

Die Betreiberfrage beginnt daher nicht erst mit dem Einschalten einer technischen Anlage. Sie umfasst vielmehr die Organisation eines Systems, in dem ein vorhandener Abwasserstrom erschlossen, aufbereitet, gegebenenfalls gespeichert und anschließend einer geeigneten Nutzung zugeführt wird. Dabei muss dauerhaft gewährleistet sein, dass die einzelnen Bestandteile des Systems technisch und organisatorisch zusammenwirken.

2.1 Von der Abwasserbehandlung zur lokalen Wasserressource

Die wesentliche Erweiterung des klassischen dezentralen Ansatzes besteht darin, den Ort der Abwasserentstehung und den Ort eines möglichen Wasserbedarfs gemeinsam zu betrachten. Ein Standort ist für eine dezentrale Wasserwiederverwendung besonders interessant, wenn dort einerseits kontinuierlich oder zumindest regelmäßig geeignete Abwasserströme entstehen und andererseits ein Bedarf an Wasser vorhanden ist, für dessen Verwendung nicht zwingend Trinkwasser eingesetzt werden muss.

Dabei müssen Quelle und Nutzung nicht zwangsläufig auf demselben Grundstück liegen. Entscheidend ist vielmehr eine räumliche Nähe, die eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Verbindung ermöglicht. Bei einem großen Gebäudekomplex könnte beispielsweise das innerhalb der Liegenschaft anfallende Abwasser aufbereitet und wiederum innerhalb der Liegenschaft genutzt werden. Bei einem größeren Siedlungs-, Gewerbe- oder Freizeitstandort wäre dagegen auch denkbar, dass das Abwasser mehrerer Gebäude gemeinsam behandelt und das aufbereitete Wasser anschließend für unterschiedliche Anwendungen innerhalb des Gebietes bereitgestellt wird.

Dadurch verändert sich auch die Systemgrenze. Die dezentrale Aufbereitungsanlage kann nicht isoliert betrachtet werden. Zum Gesamtsystem gehören die Abwasserquelle, die Entnahme beziehungsweise Zuführung zur Aufbereitung, die eigentliche Behandlungsanlage, gegebenenfalls Speicher- und Verteilungseinrichtungen sowie schließlich die vorgesehene Verwendung des aufbereiteten Wassers. In der Projektdarstellung von ReWaterCity wird diese Betrachtungsweise ausdrücklich aufgegriffen: Für die Konzeption eines Wiederverwendungssystems sollen zunächst Abwasserquelle, Wasserbedarf, Nutzungspfad und eine Rückfallebene geklärt werden. Darauf aufbauend werden Wasserbilanz, Entnahme, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung gemeinsam ausgelegt.

Damit entsteht ein wesentlicher Unterschied zu einem System, dessen Aufgabe ausschließlich in der Abwasserbehandlung besteht. Bei der Wasserwiederverwendung müssen Angebot und Nachfrage miteinander in Einklang gebracht werden. Die Menge des anfallenden Abwassers wird durch die Nutzung der angeschlossenen Gebäude oder Einrichtungen bestimmt. Der Bedarf an aufbereitetem Wasser folgt dagegen dem jeweiligen Verwendungszweck. Beide Größen können zeitlich sehr unterschiedlich verlaufen.

Dies wird insbesondere bei Bewässerungsanwendungen deutlich. Abwasser aus Wohngebäuden, öffentlichen Einrichtungen, Hotels oder anderen Liegenschaften kann über das gesamte Jahr anfallen. Der Wasserbedarf einer Grünfläche konzentriert sich dagegen auf Vegetationsperioden und insbesondere auf trockene Zeiträume. In einem niederschlagsreichen Sommer kann der Bewässerungsbedarf zeitweise sehr gering sein, obwohl weiterhin Abwasser anfällt und behandelt werden muss. Während einer längeren Trockenperiode kann dagegen der umgekehrte Fall eintreten: Der Bewässerungsbedarf kann die Menge des lokal verfügbaren aufbereiteten Wassers übersteigen.

Ein Betreiberkonzept muss deshalb nicht nur den vorgesehenen Regelbetrieb abbilden, sondern auch Antworten auf unterschiedliche Betriebszustände geben. Dazu gehört insbesondere die Frage, was mit aufbereitetem Wasser geschieht, wenn vorübergehend kein entsprechender Bedarf besteht. Je nach Standort und Systemkonzeption kann eine Speicherung sinnvoll sein. Eine andere Möglichkeit besteht darin, mehrere Nutzungen miteinander zu kombinieren, deren Bedarfsprofile sich ergänzen. Ebenso kann eine definierte Rückfallebene erforderlich sein, über die behandeltes Wasser abgegeben wird, wenn es nicht genutzt werden kann. Beim ReWaterCity-Standort Hauptfriedhof war beispielsweise vorgesehen, überschüssiges aufbereitetes Wasser zwischenzuspeichern und nicht benötigtes gereinigtes Wasser wieder in den Abwasserkanal abzugeben.

Besonders interessant werden in diesem Zusammenhang Anwendungen, bei denen ein ganzjähriger oder zumindest weniger stark saisonaler Wasserbedarf besteht. Wird aufbereitetes Wasser beispielsweise innerhalb eines Gebäudes für Toilettenspülungen eingesetzt, wird das Wasser nach der Nutzung erneut zu Abwasser und gelangt – soweit das jeweilige Entwässerungssystem entsprechend ausgelegt ist – wieder in die Abwasserentsorgung. Im Unterschied zur Bewässerung wird das Wasser damit nicht überwiegend durch Verdunstung oder Aufnahme in Boden und Vegetation aus dem lokalen technischen Wasserkreislauf herausgeführt.

Bei der Bewässerung grüner Infrastruktur ergibt sich ein anderer Nutzungspfad. Ein Teil des aufgebrachten Wassers wird von den Pflanzen aufgenommen und über die Vegetation wieder an die Atmosphäre abgegeben. Ein weiterer Teil kann im Boden gespeichert oder versickert werden. Ähnliches gilt für Anwendungen, bei denen Wasser gezielt zur Verdunstung und damit zur Kühlung eingesetzt wird. Das Wasser erfüllt hier seine Funktion gerade dadurch, dass es den technischen Wasserkreislauf verlässt und über Verdunstungsprozesse Bestandteil des natürlichen Wasserkreislaufs wird.

Diese Unterschiede sind für die Betreiberfrage keineswegs nebensächlich. Sie beeinflussen die erforderlichen Wassermengen, die Dimensionierung von Speicher und Aufbereitung, die zeitliche Auslastung der Anlage und die notwendigen Rückfallebenen. Ein System für eine saisonale Grünflächenbewässerung stellt daher andere Anforderungen an Betreiber und Anlagenkonzept als ein System mit einer ganzjährigen innerbetrieblichen Wassernutzung.

Die Kombination mehrerer Nutzungsformen kann deshalb ein wichtiger Ansatz für zukünftige dezentrale Systeme sein. Beispielsweise könnte in den Sommermonaten ein größerer Anteil des aufbereiteten Wassers für Bewässerung und Kühlung eingesetzt werden, während in Zeiten mit geringem Bewässerungsbedarf andere Anwendungen einen Grundbedarf sicherstellen. Auch die Projektergebnisdarstellung für den Hauptfriedhof greift perspektivisch eine solche saisonale Kombination auf, indem für den Sommer eine Nutzung zur Bewässerung und für den Winter eine Nutzung zur Toilettenspülung betrachtet wird. Unabhängig von der konkreten Umsetzung zeigt dieses Beispiel, dass die wirtschaftliche und technische Nutzung einer dezentralen Anlage nicht auf einen einzigen Verwendungszweck beschränkt werden muss.

Die Perspektive verschiebt sich damit von der reinen Behandlung des anfallenden Abwassers hin zu der Frage, welche lokale Wasserressource zur Verfügung steht und wie diese möglichst sinnvoll genutzt werden kann. Diese Sicht ist für die Skalierbarkeit dezentraler Wasserwiederverwendung von zentraler Bedeutung. Je besser sich Abwasserangebot und verschiedene Wasserbedarfe eines Standortes miteinander verbinden lassen, desto größer wird grundsätzlich das Potenzial, das aufbereitete Wasser tatsächlich als Ressource zu nutzen.

2.2 Wasserwiederverwendung erweitert die Betreiberaufgabe

Mit der lokalen Wiederverwendung verändert sich nicht nur der technische Nutzungspfad des Wassers. Auch die organisatorische Aufgabe wird umfangreicher. Bei einer ausschließlich auf die Abwasserreinigung ausgerichteten Anlage konzentriert sich der Betrieb auf eine zuverlässige Behandlung des anfallenden Abwassers und den ordnungsgemäßen Umgang mit dem gereinigten Ablauf und den bei der Behandlung entstehenden Reststoffen. Bei einer Wasserwiederverwendungsanlage kommt die Aufgabe hinzu, ein für einen bestimmten Zweck nutzbares Produkt – das aufbereitete Wasser – zuverlässig bereitzustellen.

Damit treffen zwei Perspektiven aufeinander. Aus Sicht der Abwasserbehandlung muss das anfallende Abwasser zuverlässig bewältigt werden. Aus Sicht des Nutzers muss Wasser in ausreichender Menge und geeigneter Qualität zur Verfügung stehen. Ein technischer Ausfall besitzt damit möglicherweise eine doppelte Wirkung: Das anfallende Abwasser muss weiterhin ordnungsgemäß behandelt oder einer alternativen Entsorgung zugeführt werden, während gleichzeitig die geplante Versorgung mit aufbereitetem Wasser ausfällt. Für beide Richtungen müssen deshalb geeignete betriebliche Rückfallebenen vorgesehen werden.

Auch die Qualitätsanforderungen verändern sich durch die vorgesehene Verwendung. Wasserqualität ist bei einer Wasserwiederverwendung kein abstrakter Anlagenkennwert, sondern steht unmittelbar mit dem konkreten Nutzungspfad in Verbindung. Die Projektergebnisse von ReWaterCity stellen diesen

Zusammenhang ebenfalls heraus: Die technische und organisatorische Planung umfasst neben der Aufbereitung auch Schutzgüter, Exposition, Barrieren, Analytik, Monitoring und Abbruchkriterien. Welche Anforderungen im Einzelfall tatsächlich gelten, muss standort- und nutzungsbezogen beurteilt werden. Die ReWaterCity-Unterlagen weisen entsprechend darauf hin, dass die konkrete Zulässigkeit einer Wasserwiederverwendung in Deutschland unter anderem von Standort, Nutzung und Risiko abhängt.

Für die Betreiberorganisation bedeutet dies, dass neben dem klassischen Anlagenbetrieb weitere Aufgaben dauerhaft abgesichert werden müssen. Die Funktion der Aufbereitung muss überwacht, die erforderliche Wasserqualität sichergestellt und die vorgesehene Nutzung berücksichtigt werden. Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten müssen geplant und durchgeführt werden. Störungen müssen erkannt und behoben werden können. Gleichzeitig muss geregelt sein, wie während Wartungszeiten oder bei einem technischen Ausfall mit dem anfallenden Abwasser und dem Wasserbedarf auf der Nutzungsseite umgegangen wird.

Bei kleinen Anlagen kann es sinnvoll sein, dass ein einzelner Eigentümer einen großen Teil dieser Aufgaben bündelt und lediglich bestimmte technische Leistungen extern bezieht. Mit zunehmender Anlagengröße, mehreren angeschlossenen Abwasserquellen oder mehreren Wassernutzern kann die organisatorische Struktur jedoch deutlich komplexer werden. Beispielsweise kann der Eigentümer des Grundstücks ein anderer Akteur sein als der Eigentümer der Anlage. Der technische Betrieb kann durch einen spezialisierten Dienstleister erfolgen, während ein oder mehrere andere Akteure das aufbereitete Wasser nutzen. Planung und Errichtung können wiederum von weiteren Unternehmen übernommen werden.

Gerade für größere dezentrale Systeme eröffnet diese Arbeitsteilung unterschiedliche Betreiberkonzepte. Ein Betreiber muss nicht zwangsläufig zugleich Investor, Anlageneigentümer und Wassernutzer sein. Ebenso muss derjenige, bei dem das Abwasser anfällt, nicht automatisch Betreiber der Aufbereitungsanlage werden. Die einzelnen Funktionen können getrennt und vertraglich miteinander verbunden werden. Aus dieser Möglichkeit entstehen die unterschiedlichen Betreibermodelle, die im weiteren Verlauf dieses Berichts betrachtet werden.

Eine weitere Besonderheit besteht in der langfristigen Entwicklung eines Standortes. Wasserbedarf, angeschlossene Nutzer und Nutzungsarten können sich während der Lebensdauer einer Anlage verändern. Ein Gewerbegebiet kann erweitert werden, zusätzliche Gebäude können entstehen, Grünflächen können vergrößert oder anders genutzt werden. Gleichzeitig können technische Entwicklungen eine weitergehende Aufbereitung oder zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten eröffnen. Ein Betreiberkonzept sollte deshalb nicht ausschließlich für einen einmal definierten Betriebszustand funktionieren, sondern nach Möglichkeit Anpassungen ermöglichen.

Dies gilt ebenso für den Einstieg in die Wasserwiederverwendung. Nicht jeder Standort muss unmittelbar mit einer dauerhaft dimensionierten stationären Anlage erschlossen werden. Mobile oder transportable Anlagen können zunächst dazu dienen, unter realen Bedingungen Erkenntnisse über Abwassermengen, Wasserqualität, tatsächlichen Wasserbedarf und den betrieblichen Aufwand zu gewinnen. Genau dieser

Ansatz gehört zum Grundgedanken von ReWaterCity: Die mobile Anlage soll unter realen Standortbedingungen Kenndaten zu Mengen, Qualität, Betrieb, Aufwand und Realisierbarkeit liefern und damit eine Grundlage für weitere Entscheidungen schaffen.

Damit kann sich nicht nur die technische Anlage, sondern auch die Betreiberorganisation schrittweise entwickeln. Für eine zeitlich begrenzte Erprobung kann beispielsweise ein Modell sinnvoll sein, bei dem ein spezialisierter Anbieter die mobile Anlage bereitstellt und einen großen Teil des technischen Betriebs übernimmt. Wird später eine dauerhafte stationäre Lösung umgesetzt, kann eine Investition durch den Nutzer, eine langfristige Betreibervereinbarung oder eine andere Aufgabenverteilung sinnvoller werden. Die Wahl eines Betreibermodells ist damit nicht zwangsläufig eine einmalige Entscheidung für die gesamte Lebensdauer des Systems.

Dezentrale Wasserwiederverwendung ist vor diesem Hintergrund weniger als einzelne technische Anlage, sondern vielmehr als lokales Versorgungssystem zu verstehen. Es verbindet einen vorhandenen Abwasserstrom mit einem lokalen Wasserbedarf und benötigt dafür technische Aufbereitung, Speicherung und Verteilung ebenso wie eine dauerhaft tragfähige organisatorische Struktur. Die Betreiberaufgabe besteht darin, diese Komponenten so miteinander zu verbinden, dass sowohl die Abwasserbehandlung als auch die vorgesehene Nutzung des aufbereiteten Wassers zuverlässig funktionieren.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich zugleich eine wesentliche Voraussetzung für die Übertragbarkeit des ReWaterCity-Ansatzes: Nicht jeder Standort benötigt dieselbe Anlagengröße, dieselbe Nutzung und dasselbe Betreiberkonzept. Entscheidend ist vielmehr die passende Kombination aus verfügbarem Abwasserstrom, lokalem Wasserbedarf, technischer Lösung und Betreiberorganisation. Welche Nutzergruppen und Anwendungen hierfür grundsätzlich in Betracht kommen, wird deshalb im folgenden Kapitel näher betrachtet.

3 Potenzielle Nutzer und Anwendungsfälle

Das Potenzial dezentraler Wasserwiederverwendung ergibt sich nicht allein daraus, dass an einem Standort Abwasser anfällt. Entscheidend ist vielmehr das räumliche und mengenmäßige Zusammenspiel zwischen einem geeigneten Abwasserstrom und einem Wasserbedarf, für den aufbereitetes Wasser in der erforderlichen Qualität eingesetzt werden kann. Ein grundsätzlich geeigneter Standort zeichnet sich deshalb dadurch aus, dass beide Seiten vorhanden sind: eine möglichst kontinuierliche oder zumindest gut prognostizierbare Quelle und eine oder mehrere Anwendungen, durch die das aufbereitete Wasser sinnvoll genutzt werden kann.

Diese Betrachtung unterscheidet die Wasserwiederverwendung von einer reinen dezentralen Abwasserbehandlung. Während bei der Abwasserbehandlung zunächst die sichere Reinigung des anfallenden Abwassers im Mittelpunkt steht, kommt bei der Wiederverwendung die Nachfrageseite hinzu. Ein Standort kann technisch sehr gut für eine dezentrale Behandlung geeignet sein, ohne dass daraus automatisch ein sinnvoller Standort für Wasserwiederverwendung entsteht. Umgekehrt kann ein hoher Wasserbedarf vorhanden sein, während lokal nicht genügend geeignete Abwasserströme zur Verfügung stehen. Für eine erfolgreiche Umsetzung müssen deshalb Wasserangebot und Wasserbedarf gemeinsam betrachtet werden.

Die im Rahmen von ReWaterCity erarbeiteten Anwendungsüberlegungen zeigen, dass Wasserwiederverwendung nicht auf einzelne Spezialanwendungen beschränkt ist. Betrachtet wurden unter anderem die Bewässerung von Grün- und Freiflächen, landwirtschaftliche Bewässerung, Gebäudekühlung, Reinigung und Fahrzeugwäsche, Toilettenspülung, Bauwasser und Staubbindung, Lösch- und Betriebswasser, Dach- und Fassadenbegrünung sowie Prozess- und Kühlwasser. Damit reicht das mögliche Anwendungsspektrum von saisonalen Bewässerungsaufgaben bis zu kontinuierlicheren technischen oder gebäudebezogenen Nutzungen.

Für die Entwicklung von Betreibermodellen ist es jedoch sinnvoll, zunächst zwischen den potenziellen Nutzern und den konkreten Anwendungsfällen zu unterscheiden. Eine öffentliche Grünfläche ist beispielsweise kein Nutzer im organisatorischen Sinn. Nutzer kann eine Kommune, ein kommunaler Eigenbetrieb oder ein beauftragter Dienstleister sein. Ebenso ist eine Dachbegrünung kein eigenständiger Nutzer, sondern eine mögliche Anwendung innerhalb einer Wohnanlage, eines Bürogebäudes, eines Hotels oder einer industriellen Liegenschaft. Diese Unterscheidung ist für die Betreiberfrage wesentlich, weil Verträge, Investitionsentscheidungen, Verantwortlichkeiten und Risiken von Organisationen oder Eigentümern übernommen werden und nicht von der jeweiligen technischen Anwendung.

3.1 Potenzielle Nutzergruppen

Ein besonders naheliegender Nutzerkreis sind Kommunen und kommunale Unternehmen. Kommunen verfügen über zahlreiche Liegenschaften und Flächen mit Wasserbedarf und sind zugleich häufig unmittelbar oder mittelbar mit Aufgaben der Abwasserbeseitigung, Grünflächenpflege und Stadtentwicklung verbunden. Potenzielle Anwendungen können sich beispielsweise bei Verwaltungs- und Betriebsstandorten, Friedhöfen, Sportanlagen, Straßenbegleitgrün oder anderen kommunalen Liegenschaften ergeben. Dabei muss die

Kommune nicht zwangsläufig selbst technischer Betreiber der Aufbereitungsanlage sein. Denkbar sind ebenso kommunale Unternehmen, Eigenbetriebe oder externe Betreiber. Gerade diese Vielfalt macht den kommunalen Bereich für unterschiedliche Betreibermodelle interessant.

Bei größeren kommunalen Standorten kann zusätzlich von Vorteil sein, dass mehrere Wasserbedarfe räumlich zusammenkommen. Auf einem Betriebshof können beispielsweise Reinigungs- und Betriebswasser benötigt werden, während benachbarte Grünflächen saisonal bewässert werden. Bei einer größeren öffentlichen Liegenschaft kann gleichzeitig Wasser für Toilettenspülungen und Außenanlagen benötigt werden. Solche Kombinationen können eine gleichmäßigere Nutzung der verfügbaren Wasserressource ermöglichen und damit die technische und wirtschaftliche Auslastung einer Anlage verbessern.

Ein weiterer bedeutender Nutzerkreis sind Industrie- und Gewerbebetriebe. Für diese Gruppe ist insbesondere interessant, dass in zahlreichen betrieblichen Prozessen Wasser benötigt wird, ohne dass für jeden Verwendungszweck Trinkwasserqualität erforderlich sein muss. Gleichzeitig entstehen an vielen Standorten Abwasserströme aus Sanitärbereichen, Betriebsgebäuden oder bestimmten Produktions- und Reinigungsprozessen. Ob und in welchem Umfang diese für eine dezentrale Wiederverwendung geeignet sind, muss jeweils anhand der Zusammensetzung des Abwassers und der Anforderungen der vorgesehenen Nutzung beurteilt werden.

Für industrielle und gewerbliche Anwendungen ist insbesondere der betriebliche Wasserbedarf interessant, bei dem ein direkter menschlicher Kontakt mit dem aufbereiteten Wasser vermieden werden kann. Denkbar sind beispielsweise technische Reinigungsprozesse, bestimmte Kühlanwendungen, Betriebswasser oder Prozessschritte, bei denen Wasser eingesetzt und anschließend nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand innerhalb eines vollständig geschlossenen Kreislaufs weiterverwendet werden kann. Der Vorteil solcher Anwendungen liegt häufig in relativ gut planbaren Bedarfen und längeren Betriebszeiten über das Jahr. Dadurch können sie saisonale Anwendungen wie Bewässerung sinnvoll ergänzen.

Nicht jedes Unternehmen muss dabei für sich allein betrachtet werden. Besonders interessante Voraussetzungen können in Gewerbe- und Industriegebieten entstehen. Dort fallen Abwasser und Wasserbedarf bei mehreren räumlich benachbarten Unternehmen an. Eine gemeinsame Anlage könnte verschiedene Abwasserströme bündeln oder mehrere Abnehmer versorgen. Dadurch entstehen allerdings zusätzliche Anforderungen an Eigentumsverhältnisse, Vertragsgestaltung, Abrechnung, Verantwortlichkeiten und Versorgungssicherheit. Für solche Standorte können deshalb Kooperationsmodelle oder Betreibermodelle mit einem unabhängigen dritten Betreiber besonders relevant werden.

Eine weitere große Nutzergruppe bildet die Immobilien- und Wohnungswirtschaft. Größere Wohnanlagen, Quartiere und gemischt genutzte Immobilien verfügen häufig über kontinuierliche Abwasserströme aus den Gebäuden und gleichzeitig über verschiedene nichttrinkwassergebundene Wasserbedarfe. Dazu können Toilettenspülung, Bewässerung von Außenanlagen oder die Versorgung von Dach- und Fassadenbegrünungen

gehören. Bei größeren Neubauquartieren besteht zudem die Möglichkeit, entsprechende Leitungs-, Speicher- und Versorgungssysteme bereits bei der Planung zu berücksichtigen.

Bei Bestandsgebäuden stellt sich dagegen stärker die Frage, welche Nutzungen ohne unverhältnismäßige Eingriffe in die bestehende Gebäudetechnik erschlossen werden können. Eine nachträgliche Installation eines zweiten Leitungsnetzes innerhalb eines großen Gebäudes kann beispielsweise aufwendig sein, während die Versorgung von Außenanlagen oder technischen Einrichtungen unter Umständen einfacher umgesetzt werden kann. Das geeignete Betreiber- und Geschäftsmodell hängt deshalb nicht nur von der Menge des verfügbaren Wassers ab, sondern auch davon, wie einfach eine Nutzung technisch erschlossen werden kann.

Auch Bürogebäude und größere Bürokomplexe können interessante Standorte darstellen. Dort entstehen während der Nutzungszeiten regelmäßig sanitäre Abwasserströme. Gleichzeitig können Außenanlagen, begrünte Dächer und Fassaden oder technische Anlagen einen Wasserbedarf aufweisen. Bei großen Unternehmensstandorten oder Verwaltungszentren kann zusätzlich ein professionelles Facility Management vorhanden sein, das bereits für technische Gebäudeausrüstung, Wartung und Betriebsprozesse verantwortlich ist. Damit bestehen organisatorische Strukturen, an die auch der Betrieb einer Wasserwiederverwendungslösung angebunden werden könnte.

Ähnliche Voraussetzungen können bei Bildungs- und Forschungseinrichtungen bestehen. Schulen, Hochschulen, Campusstandorte und größere Forschungseinrichtungen verbinden oftmals mehrere Gebäude, Sanitäranlagen, Grünflächen und technische Einrichtungen auf einem zusammenhängenden Gelände. Der Wasserbedarf ist zwar teilweise vom Nutzungsrhythmus der Einrichtung abhängig, dennoch können solche Standorte durch ihre Größe und die Vielfalt der Anwendungen interessant sein. Zusätzlich können Demonstrations- und Forschungsaspekte eine Rolle spielen. Eine Anlage kann dort nicht nur Wasser bereitstellen, sondern zugleich für Ausbildung, Forschung oder die Vermittlung ressourcenschonender Technologien genutzt werden.

Auch Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen und größere soziale Einrichtungen verfügen über große Liegenschaften und kontinuierlich genutzte Gebäude. Für solche Standorte sind die Anforderungen an Hygiene, Versorgungssicherheit und technische Zuverlässigkeit besonders hoch. Deshalb muss sehr sorgfältig geprüft werden, welche Wasserströme und welche Anwendungen für eine Wiederverwendung geeignet sind. Zugleich können große Außenbereiche, technische Einrichtungen und ganzjährig betriebene Gebäudekomplexe grundsätzlich interessante Randbedingungen bieten. Gerade wegen der besonderen Anforderungen würde sich hier ein Betreiberkonzept anbieten, bei dem technische Verantwortung, Qualitätsüberwachung und Wartung eindeutig professionellen Akteuren zugeordnet sind.

Ein weiterer potenzieller Nutzerkreis sind militärische und andere größere öffentliche Liegenschaften. Kasernen, Ausbildungsstandorte oder vergleichbare Einrichtungen können hinsichtlich ihrer Struktur kleineren Stadtquartieren ähneln. Sie umfassen häufig Unterkunfts- und Verwaltungsgebäude, Werkstätten, Verkehrsflächen, technische Einrichtungen und größere Außenflächen. Dadurch entstehen sowohl

kontinuierliche Abwasserströme als auch unterschiedliche Wasserbedarfe. Ähnliche Konstellationen können bei größeren Polizei-, Feuerwehr-, Justiz- oder Katastrophenschutzstandorten auftreten. Aufgrund der Größe solcher Areale kann eine dezentrale Anlage hier auch deutlich über den Maßstab einer klassischen Kleinkläranlage für ein einzelnes Gebäude hinausgehen.

Für den Bereich Tourismus und Freizeit kommen insbesondere größere zusammenhängende Anlagen in Betracht. Hotelkomplexe, Ferienanlagen, Campingplätze, Freizeitanlagen oder vergleichbare Einrichtungen können gleichzeitig relevante Abwasserströme und einen erheblichen Wasserbedarf aufweisen. Dieser kann sich beispielsweise aus Sanitärbereichen, Grünanlagen, Reinigungsaufgaben oder technischen Einrichtungen ergeben. Zu beachten ist allerdings, dass sowohl Abwasseranfall als auch Wasserbedarf stark saisonal geprägt sein können. In einem Feriengebiet kann diese Saisonalität günstig sein, wenn hohe Besucherzahlen und hoher Bewässerungsbedarf zeitlich zusammenfallen. In anderen Fällen kann sie zusätzliche Speicher- oder Rückfallkonzepte erforderlich machen.

Auch Sportanlagen und größere Vereins- oder Veranstaltungsstandorte können grundsätzlich in eine solche Betrachtung einbezogen werden. Dabei ist wiederum zwischen dem eigentlichen Nutzer und der Anwendung zu unterscheiden. Eine Sportfläche ist kein Betreiber, wohl aber beispielsweise eine Kommune, ein Verein, eine Betriebsgesellschaft oder ein privates Unternehmen. Wasserbedarf kann insbesondere für Außenanlagen, Reinigung oder andere betriebliche Zwecke bestehen. Bei saisonaler Nutzung stellt sich auch hier die Frage, wie die Anlage außerhalb der Hauptnutzungszeiten betrieben und ausgelastet werden kann.

Die Landwirtschaft stellt einen weiteren potenziell bedeutenden Nutzerkreis dar. In diesem Bereich kann Bewässerungswasser in erheblichen Mengen benötigt werden. Gleichzeitig gelten für die landwirtschaftliche Bewässerung spezifische Anforderungen an Wasserqualität, Risikomanagement und Anwendung. Die ReWaterCity-Unterlagen verweisen unter anderem auf die EU-Verordnung sowie auf die betreffende DWA-Merkblattreihe, welche Anforderungen an Planung, Betrieb, Risikomanagement und verschiedene Formen der Wasserwiederverwendung konkretisieren. Für den vorliegenden Bericht steht jedoch nicht die detaillierte rechtliche Bewertung einzelner landwirtschaftlicher Anwendungen im Vordergrund, sondern ihre Bedeutung für mögliche Betreiberstrukturen.

Neben klassischen landwirtschaftlichen Betrieben können beispielsweise größere Gartenbau- oder Baumschulstandorte interessante Konstellationen bieten. Dort besteht häufig ein kontinuierlicher oder saisonal hoher Bewässerungsbedarf. Entscheidend ist jedoch auch hier, ob in räumlicher Nähe eine geeignete Quelle für aufbereitetes Wasser vorhanden ist. Dies zeigt zugleich eine grundsätzliche Voraussetzung der dezentralen Wasserwiederverwendung: Ein hoher Wasserbedarf allein genügt nicht. Quelle und Nutzung müssen räumlich und technisch sinnvoll miteinander verbunden werden können.

Auch Bauunternehmen und Betreiber größerer Baustellen können zeitlich begrenzte Nutzer sein. Auf Baustellen wird Wasser unter anderem für Reinigungsprozesse, Staubbindung und bestimmte Bauabläufe benötigt. Gerade bei größeren, länger laufenden Baumaßnahmen kann eine temporäre

Wasserwiederverwendung grundsätzlich interessant sein. Für solche Anwendungen wäre eher eine mobile oder transportable Anlage als eine dauerhaft fest installierte Lösung naheliegend. Damit entsteht zugleich ein anderer Betreiberansatz: Die Anlage könnte beispielsweise von einem spezialisierten Anbieter bereitgestellt und für die Dauer des Projektes als Dienstleistung betrieben werden.

Schließlich sind Infrastruktur- und Versorgungsunternehmen als mögliche Nutzer und Betreiber zu berücksichtigen. Hierzu können unter anderem Unternehmen der Wasser- und Abwasserwirtschaft, Energieversorger, Verkehrsbetriebe oder Betreiber größerer technischer Infrastrukturen gehören. Sie verfügen häufig über technisches Betriebspersonal und Erfahrung im Umgang mit kritischer Infrastruktur. Zugleich können an Betriebsstandorten eigene Wasserbedarfe bestehen. Darüber hinaus können solche Unternehmen eine Rolle übernehmen, die über die reine Eigennutzung hinausgeht, beispielsweise als technischer Betreiber einer Anlage oder als Partner in einem lokalen Versorgungssystem.

Die genannten Nutzergruppen zeigen, dass dezentrale Wasserwiederverwendung nicht auf einen einzelnen Wirtschafts- oder Verwaltungsbereich beschränkt ist. Der entscheidende gemeinsame Nenner liegt vielmehr in der räumlichen Verbindung von Wasserquelle und Wasserbedarf. Besonders geeignet erscheinen grundsätzlich Standorte, an denen ausreichend planbare Abwasserströme entstehen, gleichzeitig eine oder mehrere geeignete Wassernutzungen vorhanden sind und technische sowie organisatorische Strukturen für einen dauerhaft zuverlässigen Betrieb geschaffen werden können.

3.2 Typische Anwendungsfälle

Die potenziellen Anwendungsfälle sind ebenso vielfältig wie die möglichen Nutzergruppen. Für die Entwicklung eines Betreiberkonzeptes ist dabei nicht nur entscheidend, wie viel Wasser benötigt wird. Ebenso wichtig sind zeitliche Verteilung, Qualitätsanforderungen, notwendige Versorgungssicherheit, Art der Wasserverteilung und die Frage, was nach der Nutzung mit dem Wasser geschieht.

Ein naheliegender Anwendungsbereich ist die Bewässerung von Grün- und Freiflächen. Dazu können kommunale Grünanlagen ebenso gehören wie Außenbereiche von Wohnquartieren, Unternehmen, Hotels, Bildungsstandorten oder anderen größeren Liegenschaften. Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass für die Bewässerung grundsätzlich keine Trinkwasserbereitstellung erforderlich sein sollte, sofern das aufbereitete Wasser die für den konkreten Anwendungsfall erforderliche Qualität aufweist.

Innerhalb dieser Anwendung bestehen jedoch erhebliche Unterschiede. Eine automatisierte Bewässerung von Flächen über bodennahe oder unterirdische Bewässerungssysteme stellt andere Anforderungen als eine manuelle Bewässerung. Bei der Planung zukünftiger Anwendungen können insbesondere Lösungen interessant sein, bei denen ein unmittelbarer Kontakt zwischen Menschen und aufbereitetem Wasser weitgehend vermieden wird. Unterirdische oder bodennahe Tropfbewässerung kann hierfür ebenso geeignet sein wie fest installierte Systeme in nur für Servicepersonal zugänglichen Bereichen.

Eine besondere Form bildet die Bewässerung von Dach- und Fassadenbegrünungen. Diese Anwendung kann gerade in dicht bebauten Bereichen interessant sein, weil dort Flächen für klassische Grünanlagen begrenzt sind. Gleichzeitig benötigen intensive Dach- und Fassadenbegrünungen während trockener Phasen regelmäßig Wasser. Befinden sich solche Anlagen auf Gebäuden oder Gebäudeteilen, die für die Allgemeinheit nicht zugänglich sind, kann zudem der unmittelbare Kontakt von Personen mit dem Bewässerungswasser organisatorisch besser kontrolliert werden. Für größere Immobilien oder Quartiere kann dies eine interessante Kombination mit einer gebäudenahen dezentralen Wasseraufbereitung darstellen.

Eine weitere Anwendung ist die Bewässerung von Pflanzen in Behältern oder technisch angelegten Pflanzsystemen. Auch hier lässt sich die Wasserzuführung gezielt gestalten. Solche Systeme kommen beispielsweise in Außenanlagen von Gewerbeimmobilien, öffentlichen Einrichtungen, Hotelanlagen oder im Rahmen von Stadtbegrünungsmaßnahmen zum Einsatz. Bei geeigneter technischer Gestaltung kann das Wasser unmittelbar in den Wurzelbereich eingebracht und der menschliche Kontakt minimiert werden.

Eng mit der Bewässerung verbunden ist die Nutzung des Wassers für Verdunstungskühlung und klimaresiliente grüne Infrastruktur. Wasser kann über Vegetation, feuchte Oberflächen oder technische Verdunstungssysteme zur Kühlung des lokalen Umfeldes beitragen. Das Wasser wird dabei gezielt verdunstet und damit dem technischen Wasserkreislauf entzogen. Diese Anwendung unterscheidet sich deutlich von Nutzungen, bei denen das Wasser nach Gebrauch wieder in die Kanalisation gelangt. Für das Betreiberkonzept ist deshalb eine ausreichende und gegebenenfalls saisonal stark erhöhte Wasserbereitstellung zu berücksichtigen.

Auch Gebäudekühlung und weitere technische Kühlanwendungen wurden im Rahmen von ReWaterCity als mögliche Nutzungsfelder betrachtet. Ob eine solche Nutzung im Einzelfall sinnvoll ist, hängt stark vom jeweiligen technischen System und den Qualitätsanforderungen ab. Für die Betreiberfrage kann sie besonders interessant sein, weil Kühlbedarf oftmals genau in den warmen Perioden entsteht, in denen auch die Belastung der öffentlichen Wasserversorgung erhöht sein kann.

Ein weiterer wichtiger Bereich ist Prozess- und Betriebswasser in Industrie und Gewerbe. Dabei sollte nicht pauschal von „industrieller Wasserwiederverwendung“ gesprochen werden, da die Anforderungen von Prozess zu Prozess erheblich variieren. Besonders geeignet können Anwendungen sein, in denen Wasser eine technische Funktion erfüllt, kein direkter Kontakt mit Lebensmitteln oder Menschen vorgesehen ist und die benötigte Wasserqualität mit vertretbarem Aufbereitungsaufwand erreicht werden kann.

Ein anschauliches Beispiel hierfür sind Prozesse, bei denen Wasser benötigt wird, anschließend aber nicht ohne Weiteres innerhalb des gleichen Prozesses zurückgewonnen werden kann. Auch kleinere stationäre Misch- oder Produktionsanlagen können Wasser benötigen, das im Produkt oder Prozess gebunden wird. Für solche Anwendungen kann aufbereitetes Wasser einen Teil des Trinkwasserbezugs ersetzen. Entscheidend ist jeweils eine genaue Prüfung der technischen Anforderungen.

Reinigung und Fahrzeugwäsche stellen weitere denkbare Nutzungen dar. An Betriebshöfen, Werkstätten, Verkehrsunternehmen, Logistikstandorten oder größeren Liegenschaften können regelmäßig erhebliche Wassermengen für Reinigungsvorgänge benötigt werden. Der Vorteil solcher Anwendungen liegt häufig in ihrer relativ guten Planbarkeit und teilweise ganzjährigen Nutzung. Damit können sie einen stabileren Grundbedarf schaffen als rein saisonale Bewässerungsanwendungen.

Für Bauwasser und Staubbindung kann vor allem ein temporäres Betreiberkonzept interessant sein. Auf größeren Baustellen oder bei Rückbauarbeiten kann über längere Zeit Wasser benötigt werden, ohne dass Trinkwasserqualität erforderlich ist. Gleichzeitig kann beispielsweise in angrenzenden Gebäuden oder temporären Einrichtungen Abwasser anfallen. Eine mobile oder transportable Anlage könnte in solchen Fällen projektbezogen eingesetzt werden. Der Betreiber wäre dann möglicherweise nicht der Bauherr oder der spätere Grundstückseigentümer, sondern ein spezialisierter Dienstleister.

Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall ist die Toilettenspülung. Sie unterscheidet sich grundsätzlich von Bewässerungs- oder Verdunstungsanwendungen, weil das verwendete Wasser anschließend wieder als Abwasser anfällt. Dadurch entsteht ein technischer Kreislauf, in dem ein Teil des Wassers mehrfach genutzt werden kann, bevor es das System verlässt. Aus betrieblicher Sicht hat die Toilettenspülung den Vorteil eines vergleichsweisen regelmäßigen Bedarfs, der bei dauerhaft genutzten Gebäuden über das gesamte Jahr besteht.

Die ReWaterCity-Unterlagen zeigen am Standort Kulturinsel beispielhaft, dass Toilettenspülung als möglicher Nutzungspfad betrachtet wurde. Für den vorliegenden Bericht ist weniger die konkrete standortbezogene Genehmigungssituation entscheidend als die Erkenntnis, dass gebäudeinterne und externe Nutzungen unterschiedliche technische Systemgrenzen aufweisen. Bei der Toilettenspülung werden zusätzliche Leitungsnetze innerhalb von Gebäuden benötigt. Bei Außenbewässerung kann die Verteilung gegebenenfalls mit deutlich geringerem Eingriff in die Gebäudetechnik erfolgen.

Lösch- und Betriebswasser kann ebenfalls als Anwendung in Betracht kommen, weist jedoch eine besondere Bedarfsstruktur auf. Löschwasser wird im normalen Betrieb kaum oder gar nicht verbraucht, muss im Bedarfsfall aber kurzfristig in großer Menge verfügbar sein. Hier steht deshalb weniger die kontinuierliche Produktionsleistung der Aufbereitungsanlage als die Möglichkeit einer geeigneten Speicherung im Vordergrund. Ein solcher Speicher könnte gegebenenfalls mehrere Funktionen übernehmen, sofern dies technisch und organisatorisch möglich ist. Für die Betreiberorganisation entstehen dabei besondere Anforderungen an Verfügbarkeit, Kontrolle und Verantwortlichkeit.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit besteht in der Kombination verschiedener Anwendungen. Diese kann für einen wirtschaftlich und technisch stabilen Betrieb besonders interessant sein. Eine Anlage, die ausschließlich für die Bewässerung betrieben wird, kann außerhalb der Vegetationsperiode nur einen geringen

Wasserbedarf bedienen. Wird zusätzlich ein ganzjähriger Bedarf erschlossen, kann sich die Auslastung deutlich verbessern.

Ein mögliches Beispiel wäre die Kombination von Bewässerung im Sommer mit Toilettenspülung oder technischen Anwendungen außerhalb der Hauptbewässerungsperiode. In der Projektergebnisdarstellung von ReWaterCity wurde für den Hauptfriedhof perspektivisch ebenfalls eine saisonal unterschiedliche Nutzung betrachtet: Bewässerung im Sommer und Toilettenspülung als mögliche Nutzung in anderen Zeiträumen. Diese Überlegung ist für zukünftige Betreiberkonzepte besonders relevant, weil sie zeigt, dass ein Standort nicht zwingend auf einen einzigen Nutzungspfad festgelegt werden muss.

3.3 Bedeutung von Nutzerstruktur und Anwendungsprofil für das Betreibermodell

Die Vielfalt potenzieller Nutzer und Anwendungen macht deutlich, dass sich kein Betreiberkonzept allein aus der eingesetzten Aufbereitungstechnologie ableiten lässt. Zwei technisch nahezu identische Anlagen können aufgrund ihrer Nutzerstruktur völlig unterschiedliche organisatorische Anforderungen besitzen.

Ein Industrieunternehmen, das das gesamte anfallende Abwasser selbst erzeugt und das aufbereitete Wasser vollständig innerhalb seines eigenen Betriebes nutzt, besitzt eine vergleichsweise einfache Akteursstruktur. Abwasserquelle, Anlagenstandort, Wassernutzer und gegebenenfalls Anlageneigentümer können in einer Hand liegen. Für einen solchen Standort kann ein Eigenbetrieb grundsätzlich naheliegend sein, sofern die erforderlichen technischen Kompetenzen und personellen Kapazitäten vorhanden sind. Alternativ kann der technische Betrieb an einen Dienstleister vergeben werden, während Eigentum und Nutzung beim Unternehmen verbleiben.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn eine dezentrale Anlage mehrere Gebäude oder unterschiedliche Nutzer versorgt. In einem Wohn- oder Gewerbequartier könnten Abwasserströme verschiedener Eigentümer zusammengeführt werden, während das aufbereitete Wasser wiederum von mehreren Abnehmern genutzt wird. Dann muss geregelt werden, wer die Anlage finanziert, wem sie gehört, wer den Betrieb verantwortet, wie Kosten verteilt werden und nach welchen Regeln das Wasser bereitgestellt wird.

Noch komplexer kann ein System werden, bei dem Quelle und Nutzer verschiedenen Organisationen zuzuordnen sind. Ein Akteur stellt dann faktisch die Ressource Abwasser bereit, während ein anderer das erzeugte Wasser nutzt. Dazwischen kann ein unabhängiger Betreiber stehen, der die Aufbereitung übernimmt. In einem solchen Modell müssen technische und wirtschaftliche Beziehungen zwischen mindestens drei Rollen dauerhaft organisiert werden.

Auch die zeitliche Struktur des Wasserbedarfs beeinflusst das Betreiberkonzept. Bei einem kontinuierlichen ganzjährigen Bedarf kann die Anlage vergleichsweise gleichmäßig ausgelastet werden. Bei stark saisonalen Anwendungen muss dagegen festgelegt werden, wie die Anlage in Zeiten geringer Nachfrage betrieben wird.

Daraus können Anforderungen an Speicherung, alternative Nutzungen, eine Rückfallebene oder eine saisonale Betriebsweise entstehen.

Ebenso wichtig ist die erforderliche Versorgungssicherheit. Eine Bewässerung kann in vielen Fällen kurzfristig verschoben oder reduziert werden. Bei bestimmten industriellen Prozessen oder gebäudetechnischen Anwendungen kann ein Ausfall der Wasserbereitstellung dagegen unmittelbare Betriebsstörungen verursachen. Mit steigender Bedeutung des aufbereiteten Wassers für den eigentlichen Betrieb steigen deshalb auch die Anforderungen an technische Redundanz, Wartung, Störungsmanagement und vertraglich garantierte Leistungen.

Für die Auswahl geeigneter Standorte ergibt sich daraus eine zentrale Schlussfolgerung: Ein hohes Abwasseraufkommen allein macht einen Standort noch nicht attraktiv. Ebenso wenig genügt ein hoher Wasserbedarf. Besonders vielversprechend sind vielmehr Konstellationen, in denen Abwasserangebot, Wasserbedarf, räumliche Nähe, zeitliche Bedarfsstruktur und organisatorische Voraussetzungen gut zusammenpassen.

Die ReWaterCity-Projektdarstellung fasst diese Betrachtungsweise mit der Forderung zusammen, zunächst Abwasserquelle, Wasserbedarf, Nutzungspfad und Rückfallebene zu bestimmen und darauf aufbauend Wasserbilanz, Aufbereitung, Speicher und Verteilung auszulegen. Für die Entwicklung eines Betreiberkonzeptes kann diese technische Betrachtung um eine organisatorische Perspektive ergänzt werden: Wer stellt die Quelle bereit, wer investiert, wer betreibt, wer trägt Risiken und wer nutzt das Wasser?

Damit bildet die Analyse potenzieller Nutzer und Anwendungen die Grundlage für die folgenden Kapitel. Erst wenn geklärt ist, welche Akteure an einem Standort beteiligt sind und wie das aufbereitete Wasser genutzt werden soll, können die notwendigen Aufgaben, Rollen und Verantwortlichkeiten sinnvoll verteilt werden. Genau diese Aufgabenverteilung wird im folgenden Kapitel näher betrachtet.

4 Aufgaben, Rollen und Verantwortlichkeiten

Ein tragfähiges Betreiberkonzept für dezentrale Wasserwiederverwendung entsteht nicht allein durch die Benennung eines Anlagenbetreibers. Entscheidend ist vielmehr, sämtliche Aufgaben zu betrachten, die von der ersten Projektidee über Planung, Errichtung und Inbetriebnahme bis zum dauerhaften Betrieb einer Anlage entstehen. Erst wenn diese Aufgaben vollständig erfasst und eindeutig einzelnen Akteuren zugeordnet sind, kann daraus ein belastbares Betreiberkonzept entwickelt werden.

Gerade bei Wasserwiederverwendungssystemen ist diese Betrachtung besonders wichtig, weil mehrere technische und organisatorische Bereiche miteinander verbunden werden. Es reicht nicht aus, lediglich die eigentliche Aufbereitungsanlage zu betreiben. Ebenso müssen die Bereitstellung des Abwassers, die Nutzung des aufbereiteten Wassers, die Einhaltung der für den jeweiligen Standort und Anwendungsfall geltenden Anforderungen, die Überwachung des Betriebs, Wartung und Instandhaltung sowie der Umgang mit Störungen oder außergewöhnlichen Betriebszuständen organisiert werden.

Die im Rahmen von ReWaterCity entwickelte Betrachtung unterscheidet deshalb mehrere mögliche Rollen, darunter Initiator und Projektentwickler, Hersteller der Anlage, Eigentümer und Investor, technischer Anlagenbetreiber, Qualitäts- und Kontrollinstanz, Wasserlieferant beziehungsweise Vertriebspartner, Nutzer oder Abnehmer sowie eine koordinierende oder managementbezogene Funktion. Diese Rollen müssen nicht zwingend von unterschiedlichen Organisationen übernommen werden. In einem einfachen Eigenbetriebsmodell können mehrere oder sogar nahezu alle Funktionen bei einem einzigen Akteur liegen. Bei komplexeren Projekten können dieselben Aufgaben dagegen auf mehrere Partner verteilt werden.

Die zentrale Fragestellung lautet deshalb nicht ausschließlich: Wer betreibt die Anlage? Vielmehr ist zu klären, wer für welche Aufgabe verantwortlich ist, wer Entscheidungen treffen darf, wer Kosten und Risiken trägt und welche Schnittstellen zwischen den Beteiligten dauerhaft organisiert werden müssen.

4.1 Projektentwicklung und Konzeption

Am Beginn eines Projektes steht üblicherweise zunächst die Frage, ob ein Standort grundsätzlich für Wasserwiederverwendung geeignet sein kann. Diese Aufgabe geht deutlich über die Auswahl einer technischen Anlage hinaus. Zunächst müssen geeignete Abwasserquellen und potenzielle Nutzungen identifiziert werden. Dabei ist zu prüfen, welche Wassermengen zur Verfügung stehen, wie diese zeitlich anfallen und welcher Bedarf an aufbereitetem Wasser besteht.

Aus diesen Informationen entsteht eine erste Wasserbilanz. Sie bildet die Grundlage für die Frage, welche Anlagenleistung erforderlich ist, ob Speicher benötigt werden und wie das Wasser zwischen Quelle, Aufbereitung, Speicherung und Nutzung transportiert werden soll. Ebenso muss bereits in einer frühen Phase berücksichtigt werden, wie mit Situationen umgegangen wird, in denen entweder weniger Abwasser zur Verfügung steht als benötigt oder mehr aufbereitetes Wasser produziert werden kann als aktuell genutzt wird.

Die ReWaterCity-Projektdarstellung beschreibt diese Vorgehensweise als aufeinander aufbauenden Prozess. Zunächst werden Standort, Abwasserquelle, Wasserbedarf, Nutzungspfad und eine mögliche Rückfallebene bestimmt. Darauf aufbauend werden Wasserbilanz, Entnahme, Aufbereitung, Speicher und Verteilung ausgelegt.

Diese Aufgaben können von unterschiedlichen Akteuren übernommen werden. Bei einem einfachen Projekt kann der zukünftige Nutzer selbst als Initiator auftreten und gemeinsam mit einem Anlagenhersteller oder Fachplaner das Projekt entwickeln. Bei komplexeren Vorhaben kann dagegen ein eigenständiger Projektentwickler oder Berater sinnvoll sein, der zunächst die unterschiedlichen Interessen und Anforderungen zusammenführt.

Gerade in dieser frühen Phase muss auch geklärt werden, welche organisatorische Struktur grundsätzlich angestrebt wird. Soll der spätere Nutzer Eigentümer der Anlage werden? Soll ein externer Anbieter investieren und die Anlage betreiben? Gibt es mehrere Nutzer? Soll lediglich Wasser bereitgestellt werden oder soll ein Dienstleister den gesamten technischen Betrieb übernehmen? Diese Fragen beeinflussen bereits die weitere Planung und sollten deshalb nicht erst nach Fertigstellung der technischen Konzeption beantwortet werden.

4.2 Planung, Genehmigungsmanagement und Umsetzung

Auf die Projektentwicklung folgt die konkrete technische und organisatorische Planung. Dazu gehören die Auslegung der Aufbereitungsanlage, die Planung der notwendigen Leitungen, Speicher und Übergabepunkte sowie gegebenenfalls bauliche und elektrotechnische Einrichtungen. Gleichzeitig müssen betriebliche Abläufe und Anforderungen an Überwachung, Wartung, Dokumentation und Störungsmanagement berücksichtigt werden.

Eine besondere Bedeutung hat dabei die Frage, unter welchen Bedingungen das aufbereitete Wasser tatsächlich genutzt werden darf. Der vorgesehene Anwendungsfall ist hierfür ein wesentlicher Ausgangspunkt, weil sich daraus Anforderungen an Wasserqualität, Aufbereitung, Überwachung und Risikomanagement ergeben können. Er stellt jedoch nicht den einzigen maßgeblichen Faktor dar.

Ebenso entscheidend sind die konkreten Bedingungen, unter denen die Nutzung an dem jeweiligen Standort zugelassen wird. Genehmigungen können an technische, organisatorische oder betriebliche Auflagen gebunden sein. Diese können beispielsweise Anforderungen an bestimmte Qualitätsparameter, Probenahmen, Überwachungsintervalle, Dokumentationspflichten, technische Barrieren oder Maßnahmen für den Fall vorgeben, dass definierte Kriterien nicht eingehalten werden.

Die ReWaterCity-Ergebnisse stellen Wasserwiederverwendung entsprechend als geplanten, genehmigten und überwachten Prozess dar. Neben Qualitätsanforderungen werden dabei unter anderem

Risikomanagement, Monitoring, Barrieren und Anwendungspraxis berücksichtigt. Auch die konkrete rechtliche Zulässigkeit wird als standort-, nutzungs- und risikobezogene Einzelfallentscheidung beschrieben.

Für das Betreiberkonzept ergibt sich daraus eine wichtige Konsequenz: Anforderungen aus einer Genehmigung dürfen nicht lediglich als einmalige Voraussetzung für die Inbetriebnahme betrachtet werden. Soweit sie den laufenden Betrieb betreffen, müssen sie dauerhaft in die Betreiberorganisation integriert werden. Es muss eindeutig festgelegt sein, wer beispielsweise erforderliche Messungen veranlasst, wer Ergebnisse bewertet, wer Berichte erstellt und wer bei Abweichungen Entscheidungen trifft.

Besonders relevant ist außerdem die Sicherstellung der bestimmungsgemäßen Nutzung des aufbereiteten Wassers. Wird eine Nutzung für einen bestimmten Anwendungsfall genehmigt, muss organisatorisch gewährleistet sein, dass das Wasser auch tatsächlich nur innerhalb dieses vorgesehenen Nutzungspfades eingesetzt wird. Dies kann vergleichsweise einfach sein, wenn eine fest installierte Leitung ausschließlich einer bestimmten technischen Einrichtung oder Bewässerungsanlage versorgt. Komplexer wird es, wenn Wasser beispielsweise aus Speichern entnommen, transportiert oder mehreren Abnehmern zur Verfügung gestellt wird.

In solchen Fällen kann die Betreiberverantwortung auch die Kontrolle des Nutzungspfades umfassen. Je nach konkretem Konzept können technische Vorkehrungen, Zugangsbeschränkungen, Kennzeichnungen, Dokumentation oder vertragliche Regelungen erforderlich sein. Entscheidend ist, dass die Verantwortung nicht an der Ausgabestelle der Aufbereitungsanlage endet, wenn die sichere Nutzung des Wassers Bestandteil der zugelassenen Gesamtlösung ist.

4.3 Hersteller, Anlagenlieferant und technischer Integrator

Eine wichtige Rolle übernimmt der Hersteller oder Lieferant der Aufbereitungstechnik. Seine Aufgabe besteht zunächst darin, eine Anlage bereitzustellen, die für die vorgesehenen Abwasserströme und die geforderte Wasserqualität geeignet ist. Je nach Projekt kann sein Leistungsumfang von der reinen Lieferung einzelner Komponenten bis zur vollständigen Planung, Herstellung, Installation und Inbetriebnahme des Systems reichen.

Bei modularen, mobilen oder containerisierten Anlagen kann der Hersteller zugleich eine besonders zentrale Rolle für die technische Integration spielen. Die einzelnen Komponenten der Abwasserbehandlung, Filtration, Desinfektion, Steuerung und gegebenenfalls Fernüberwachung müssen aufeinander abgestimmt sein. Hinzu kommen Schnittstellen zur Abwasserentnahme, Speicherung und Wasserverteilung.

Bereits bei der Auswahl der Technik sollte deshalb berücksichtigt werden, wie die spätere Betreiberorganisation aussehen soll. Eine Anlage, die weitgehend automatisiert betrieben und aus der Ferne überwacht werden kann, stellt andere Anforderungen an das Personal vor Ort als ein System mit hohem manuellem Bedienungsaufwand. Ebenso kann es relevant sein, ob Wartung und Ersatzteilversorgung langfristig

durch den Hersteller angeboten werden oder ob diese Aufgaben von unabhängigen Dienstleistern übernommen werden können.

Die Verantwortung des Herstellers endet jedoch nicht automatisch mit der Inbetriebnahme. Abhängig vom gewählten Betreiber- und Vertragsmodell kann er dauerhaft Wartungs-, Service- oder Betriebsleistungen übernehmen. Dadurch können sich unterschiedliche Rollen überlagern. Ein Anlagenhersteller kann gleichzeitig technischer Betreiber oder Wartungsdienstleister sein, muss dies aber nicht.

4.4 Eigentümer und Investor

Die Rolle des Anlageneigentümers ist von der Rolle des technischen Betreibers zu unterscheiden. Eigentümer ist derjenige Akteur, dem die technische Anlage beziehungsweise wesentliche Bestandteile der Infrastruktur wirtschaftlich und rechtlich zugeordnet sind. Er trägt typischerweise langfristige Entscheidungen über die Anlage, beispielsweise über größere Ersatzinvestitionen, Erweiterungen oder einen späteren Austausch.

Damit verbunden ist häufig die Rolle des Investors. Auch diese beiden Funktionen müssen jedoch nicht zwingend identisch sein. Die Finanzierung einer Anlage kann beispielsweise über Eigenmittel, Fremdkapital, Förderprogramme oder andere Finanzierungsinstrumente erfolgen. Ebenso kann eine Anlage gemietet, geleast oder über ein Mietkaufmodell beschafft werden.

An dieser Stelle ist eine klare Abgrenzung zwischen Betreibermodell und Finanzierungsmodell wichtig. Das Betreibermodell beschreibt, wie Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Risiken rund um die Planung und den laufenden Betrieb des Wasserwiederverwendungssystems zwischen den beteiligten Akteuren verteilt werden. Das Finanzierungsmodell beschreibt dagegen, auf welchem Weg Investitionen und gegebenenfalls laufende Zahlungen finanziert werden.

Kauf, Miete, Mietkauf, Leasing oder kreditfinanzierte Investitionen sind deshalb zunächst keine eigenständigen Betreibermodelle. Ebenso stellt die Nutzung öffentlicher Fördermittel kein Betreibermodell dar. Diese Instrumente können vielmehr mit unterschiedlichen Betreiberkonzepten kombiniert werden.

Ein Unternehmen kann beispielsweise eine Anlage kaufen und selbst betreiben. Es kann dieselbe gekaufte Anlage jedoch auch durch einen externen Dienstleister betreiben lassen. Ebenso kann ein Nutzer eine Anlage mieten, während der Vermieter lediglich Eigentümer bleibt und der Nutzer selbst den Betrieb übernimmt. Umgekehrt kann ein Miet- oder Contractingmodell so ausgestaltet sein, dass Eigentum, Finanzierung, technischer Betrieb und Wartung weitgehend beim Anbieter liegen.

Diese Unterscheidung ist für die weitere Betrachtung wesentlich. Finanzierung und Betreiberorganisation stehen in enger Wechselwirkung, sollten aber nicht miteinander gleichgesetzt werden. Der Schwerpunkt dieses Berichts liegt auf den Betreibermodellen. Finanzierungsvarianten werden deshalb dort berücksichtigt,

wo sie die Aufgabenverteilung, Risikostruktur oder Attraktivität eines Betreiberkonzeptes beeinflussen. Eine umfassende finanzwirtschaftliche Bewertung der einzelnen Finanzierungsinstrumente ist dagegen nicht Gegenstand dieses Berichtes.

4.5 Technischer Anlagenbetrieb

Der technische Betreiber trägt eine zentrale Verantwortung für die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems. Zu seinen Aufgaben gehören je nach Anlagenkonzept die Überwachung des Betriebs, die Kontrolle von Prozessparametern, die Durchführung oder Veranlassung regelmäßiger Wartungen, die Behebung von Störungen sowie die Sicherstellung der Betriebsbereitschaft.

Der Umfang dieser Aufgabe hängt wesentlich vom Automatisierungsgrad der Anlage ab. Bei modernen dezentralen Systemen können viele Betriebsparameter automatisiert erfasst und über Fernüberwachungssysteme bereitgestellt werden. Dadurch muss nicht dauerhaft Personal am Standort anwesend sein. Dies reduziert den betrieblichen Aufwand, ersetzt jedoch nicht die Notwendigkeit klarer Verantwortlichkeiten.

Bei einer Störung muss beispielsweise definiert sein, wer eine Alarmmeldung erhält, innerhalb welcher Zeit reagiert werden muss und welche Maßnahmen einzuleiten sind. Ebenso muss geregelt sein, wie mit dem weiterhin anfallenden Abwasser umgegangen wird, wenn die Aufbereitungsanlage vorübergehend nicht zur Verfügung steht.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer betrieblichen Rückfallebene. Diese kann je nach Standort sehr unterschiedlich gestaltet sein. Besteht eine Verbindung zur öffentlichen Kanalisation, kann das Abwasser möglicherweise vorübergehend wieder dem konventionellen Entsorgungspfad zugeführt werden. Bei einem vollständig dezentral entwässerten Standort können dagegen andere Lösungen erforderlich sein.

Auch auf der Nutzungsseite kann eine Rückfallebene notwendig werden. Wird das aufbereitete Wasser für eine Anwendung benötigt, deren Unterbrechung kritisch ist, muss gegebenenfalls eine alternative Wasserquelle zur Verfügung stehen. Bei einer Grünflächenbewässerung kann ein kurzfristiger Ausfall häufig anders bewertet werden als bei einem industriellen Prozess, der kontinuierlich auf Betriebswasser angewiesen ist.

Der technische Betreiber muss deshalb nicht nur die Aufbereitungsanlage kennen, sondern den gesamten Nutzungspfad und seine Abhängigkeiten verstehen. Je größer die Bedeutung des aufbereiteten Wassers für den Nutzer wird, desto stärker entwickelt sich der Anlagenbetrieb in Richtung einer Versorgungsaufgabe.

4.6 Wasserqualität, Monitoring und Risikomanagement

Die Sicherstellung der erforderlichen Wasserqualität bildet eine eigenständige Betreiberaufgabe. Sie ist zwar unmittelbar mit dem technischen Betrieb verbunden, muss organisatorisch jedoch nicht zwingend vom technischen Betreiber selbst übernommen werden.

Für die konkrete Ausgestaltung sind sowohl der Anwendungsfall als auch die Anforderungen der jeweiligen Zulassung maßgebend. Die ReWaterCity-Unterlagen ordnen Qualitätsanforderungen, Barrieren, Monitoring, Hygiene und Risikomanagement als wesentliche Bestandteile einer standortbezogenen Bewertung ein.

Daraus kann sich ein mehrstufiges Überwachungssystem ergeben. Ein Teil der Anlagenparameter kann kontinuierlich über Sensorik überwacht werden. Andere Qualitätsparameter können regelmäßige Laboranalysen erfordern. Wieder andere Kontrollen betreffen möglicherweise die Nutzung selbst oder den Zustand von technischen Schutzmaßnahmen.

Besonders wichtig ist die Festlegung von Verantwortlichkeiten bei Abweichungen. Es genügt nicht, lediglich Messwerte zu erfassen. Vor Beginn des Regelbetriebs sollte festgelegt sein, welche Werte als normal gelten, wann eine erhöhte Aufmerksamkeit erforderlich wird und unter welchen Bedingungen Nutzung oder Betrieb eingeschränkt beziehungsweise unterbrochen werden müssen.

Damit entsteht ein Eskalationssystem. Eine geringfügige Abweichung kann beispielsweise zunächst eine technische Kontrolle oder erneute Messung auslösen. Bei deutlicheren oder wiederholten Abweichungen kann eine weitergehende Untersuchung oder eine zeitweise Unterbrechung des Nutzungspfades erforderlich werden. Für schwerwiegende Fälle muss eine klare Abbruch- oder Rückfallstrategie vorhanden sein.

Welche konkreten Grenzwerte und Maßnahmen gelten, kann nicht allgemeingültig für alle Wasserwiederverwendungssysteme festgelegt werden. Sie sind vom jeweiligen Anwendungsfall, Standort und insbesondere von den Bedingungen der jeweiligen Zulassung abhängig. Für das Betreiberkonzept ist jedoch entscheidend, dass diese Anforderungen organisatorisch abgebildet werden.

Es muss deshalb klar sein, wer Daten erhält, wer ihre fachliche Bewertung übernimmt, wer Entscheidungen über den weiteren Betrieb trifft und wer gegenüber Nutzern oder gegebenenfalls zuständigen Stellen kommuniziert. Bei komplexeren Anlagen kann es sinnvoll sein, diese Qualitäts- und Kontrollfunktion zumindest teilweise vom täglichen Anlagenbetrieb zu trennen.

4.7 Nutzer und Abnehmer des aufbereiteten Wassers

Der Nutzer oder Abnehmer übernimmt innerhalb eines Betreiberkonzeptes eine zentrale Rolle, weil sich der gesamte Wiederverwendungsprozess letztlich an einem konkreten Wasserbedarf orientiert. Ohne eine sinnvolle Nutzung entsteht aus dezentraler Abwasserbehandlung noch keine Wasserwiederverwendung.

Dabei kann der Nutzer zugleich Eigentümer und Betreiber der Anlage sein, er kann aber ebenso ausschließlich Wasser oder eine Versorgungsleistung beziehen. Gerade bei Contracting- oder Dienstleistungsmodellen kann der Nutzer von großen Teilen der technischen Betreiberaufgaben entlastet werden.

Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Nutzer keine Verantwortung trägt. Abhängig vom Nutzungspfad muss gewährleistet sein, dass das bereitgestellte Wasser bestimmungsgemäß eingesetzt wird. Der Nutzer darf daher insbesondere dann nicht losgelöst von der Betreiberorganisation betrachtet werden, wenn die Zulässigkeit des Systems an einen klar definierten Anwendungsfall gekoppelt ist.

Ein Betreiberkonzept muss deshalb auch festlegen, welche Informationen und Pflichten beim Nutzer liegen. Dies kann beispielsweise die Nutzung ausschließlich an freigegebenen Entnahmestellen, die Einhaltung bestimmter Betriebsbedingungen oder die Meldung von Störungen umfassen.

Bei mehreren Abnehmern steigt dieser Koordinationsaufwand. Dann müssen nicht nur technische Fragen der Wasserverteilung geregelt werden, sondern möglicherweise auch Mengenverteilung, Prioritäten bei begrenztem Angebot und Verantwortlichkeiten an Übergabepunkten. Je stärker sich das System von einer einzelnen betrieblichen Eigenversorgung hin zu einer lokalen Versorgung mehrerer Nutzer entwickelt, desto wichtiger werden klare vertragliche und organisatorische Regelungen.

4.8 Koordination, Management und Schnittstellen

Mit zunehmender Zahl der beteiligten Akteure wächst die Bedeutung einer koordinierenden Rolle. Bei einem kleinen Eigenbetrieb kann diese Aufgabe unmittelbar vom Eigentümer übernommen werden. Bei komplexeren Projekten kann dagegen eine eigenständige Projekt- oder Betriebskoordination erforderlich sein.

Diese Funktion verbindet die unterschiedlichen Bereiche miteinander. Sie koordiniert beispielsweise Hersteller, technischen Betreiber, Eigentümer, Nutzer, Wartungsdienstleister und Kontrollstellen. Gleichzeitig kann sie dafür verantwortlich sein, dass notwendige Informationen zwischen den Akteuren weitergegeben werden und bei Änderungen oder Störungen eine abgestimmte Reaktion erfolgt.

Gerade an den Schnittstellen entstehen häufig Risiken. Wenn beispielsweise der technische Betreiber davon ausgeht, dass der Nutzer eine bestimmte Kontrolle durchführt, während der Nutzer diese Aufgabe beim Betreiber vermutet, entsteht eine Verantwortlichkeitslücke. Dasselbe gilt für Wartung, Dokumentation, Überwachung oder den Umgang mit außergewöhnlichen Betriebszuständen.

Eine grundlegende Aussage aus der ReWaterCity-Betrachtung lautet deshalb: Nicht jeder Partner muss Betreiber sein – aber jede Aufgabe braucht einen Verantwortlichen.

Für die Entwicklung eines Betreiberkonzeptes ist diese Aussage wichtiger als die Bezeichnung des jeweiligen Modells. Ein Betreibervertrag oder ein Contractingmodell ist nur dann tragfähig, wenn klar definiert ist, welche Aufgaben tatsächlich übertragen werden und welche beim Eigentümer oder Nutzer verbleiben.

Die Qualität eines Betreiberkonzeptes zeigt sich deshalb insbesondere an seinen Schnittstellen. Rollen müssen nicht nur benannt, sondern hinsichtlich ihrer konkreten Aufgaben, Entscheidungsbefugnisse und Verantwortlichkeiten voneinander abgegrenzt werden.

4.9 Rollen können kombiniert oder getrennt werden

Aus den beschriebenen Aufgaben ergeben sich keine festen Organisationsstrukturen. Vielmehr können die Rollen abhängig von Projektgröße, Nutzerstruktur und vorhandenen Kompetenzen unterschiedlich kombiniert werden.

Bei einem einfachen Eigenbetrieb kann ein Unternehmen beispielsweise Projektinitiator, Investor, Eigentümer, technischer Betreiber und Wassernutzer gleichzeitig sein. Lediglich Wartungsarbeiten oder Laboranalysen werden extern vergeben.

In einer anderen Konstellation kann der Nutzer Eigentümer und Investor sein, während ein spezialisierter Anbieter den vollständigen technischen Betrieb einschließlich Wartung und Überwachung übernimmt.

Bei einem Contractingmodell können dagegen Investition, Eigentum und technischer Betrieb weitgehend beim Contractor liegen, während der Kunde lediglich die bereitgestellte Leistung beziehungsweise das aufbereitete Wasser nutzt.

Bei einem größeren Quartier oder Gewerbegebiet können wiederum mehrere Nutzer beteiligt sein, während eine eigenständige Betriebsgesellschaft oder ein kommunales Unternehmen die Anlage betreibt und die Wasserbereitstellung organisiert.

Die im ReWaterCity-Ergebnis dargestellten Modelle zeigen entsprechend eine Bandbreite vom Eigenbetrieb über kommunale und kooperative Ansätze bis zu Betreibervertrag, Contracting und Projektgesellschaft. Diese Modelle werden in einem späteren Kapitel ausführlich betrachtet.

Bereits an dieser Stelle wird jedoch deutlich, dass die konkrete Bezeichnung eines Modells erst der zweite Schritt sein sollte. Zunächst sind die notwendigen Aufgaben zu bestimmen. Danach wird entschieden, welche Akteure diese Aufgaben übernehmen können und sollen. Erst aus dieser Aufgabenverteilung entsteht das eigentliche Betreiberkonzept.

Dieses Vorgehen verhindert zugleich, dass ein scheinbar passendes Modell lediglich aufgrund seiner Bezeichnung ausgewählt wird, obwohl wesentliche Aufgaben darin nicht ausreichend berücksichtigt sind.

Die Verteilung von Aufgaben, Rollen und Verantwortlichkeiten bildet damit die organisatorische Grundlage jeder dezentralen Wasserwiederverwendung. Im folgenden Kapitel werden darauf aufbauend die Anforderungen betrachtet, anhand derer ein Betreiberkonzept beurteilt werden sollte. Dazu gehören unter anderem technische Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit, Risikoverteilung, rechtliche Rahmenbedingungen, Versorgungssicherheit und langfristige Anpassungsfähigkeit.

5 Anforderungen an ein tragfähiges Betreibermodell

Nachdem die Aufgaben und möglichen Rollen innerhalb eines Wasserwiederverwendungssystems beschrieben wurden, stellt sich die Frage, anhand welcher Kriterien ein Betreiberkonzept beurteilt werden kann. Ein geeignetes Modell muss dabei deutlich mehr leisten als die organisatorische Zuordnung einzelner Aufgaben. Es muss auch unter realen Betriebsbedingungen dauerhaft funktionieren, wirtschaftlich tragfähig sein, die genehmigungsrechtlichen Anforderungen abbilden und auf Veränderungen reagieren können.

Die im Rahmen von ReWaterCity betrachteten Anforderungen umfassen deshalb nicht nur den technischen Betrieb, sondern ebenso Finanzierung und Wirtschaftlichkeit, Genehmigungen und rechtliche Vorgaben, Versorgungssicherheit, Risikoverteilung sowie Anpassungsfähigkeit und langfristige Stabilität. Diese Kriterien bilden keine voneinander unabhängigen Einzelanforderungen. Vielmehr beeinflussen sie sich gegenseitig. Eine technisch sehr leistungsfähige Lösung kann beispielsweise wirtschaftlich unattraktiv sein, wenn dafür ein unverhältnismäßig hoher Betriebs- oder Überwachungsaufwand erforderlich ist. Umgekehrt kann ein zunächst kostengünstiges Betreiberkonzept langfristig problematisch werden, wenn wesentliche Risiken nicht eindeutig verteilt sind oder notwendige Anpassungen nur mit erheblichem Aufwand möglich sind.

Für die Auswahl eines Betreibermodells ist deshalb nicht entscheidend, welches Modell in einem einzelnen Kriterium besonders günstig erscheint. Maßgeblich ist vielmehr, wie gut das Gesamtmodell zu den Anforderungen des jeweiligen Standortes, den beteiligten Akteuren und der vorgesehenen Nutzung passt.

5.1 Technische und betriebliche Tragfähigkeit

Die erste grundlegende Anforderung besteht darin, dass das Betreiberkonzept einen zuverlässigen technischen Betrieb über den vorgesehenen Zeitraum ermöglicht. Dabei ist nicht allein die Leistungsfähigkeit der Aufbereitungstechnik entscheidend. Ebenso wichtig ist, ob die notwendige technische Kompetenz dauerhaft verfügbar ist und ob Wartungs-, Instandhaltungs- und Störungsprozesse organisatorisch abgesichert sind.

Bei kleineren Anlagen kann der technische Aufwand vergleichsweise gering erscheinen. Dennoch bestehen auch hier Anforderungen an regelmäßige Kontrollen, Wartungsintervalle, Verschleißteile, Reinigung und gegebenenfalls Kalibrierung von Sensorik und Messtechnik. Mit zunehmender Komplexität der Anlage steigt in der Regel auch der Bedarf an spezialisierten Kenntnissen. Dies betrifft insbesondere weitergehende Behandlungsstufen, Desinfektion, automatische Steuerung, Fernüberwachung sowie die Einbindung von Speicher- und Verteilungssystemen.

Für das Betreiberkonzept ist deshalb zu prüfen, ob die erforderlichen Kompetenzen beim zukünftigen Betreiber selbst vorhanden sind oder ob sie dauerhaft über externe Leistungen abgesichert werden müssen. Ein Modell, das auf vorhandenes Fachpersonal angewiesen ist, kann für einen großen Industrie- oder Infrastrukturbetrieb geeignet sein, während dieselbe Lösung für einen kleineren Grundstückseigentümer oder eine Einrichtung ohne entsprechendes technisches Personal wenig sinnvoll wäre.

Neben der fachlichen Kompetenz spielt die Reaktionsfähigkeit bei Störungen eine wichtige Rolle. Die Anlage muss nicht nur während des normalen Betriebs funktionieren, sondern auch bei technischen Ausfällen, ungewöhnlichen Zulaufbedingungen oder Abweichungen von Qualitätsparametern beherrschbar bleiben. Dafür sind klare Wartungs- und Servicekonzepte erforderlich. Je nach Bedeutung der Anlage für die Abwasserbehandlung und die Versorgung mit aufbereitetem Wasser können unterschiedliche Anforderungen an Reaktionszeiten und Verfügbarkeit bestehen.

Damit verbunden ist die Frage der technischen Redundanz. Nicht jede Anwendung rechtfertigt eine vollständig redundante Auslegung. Bei einer Bewässerungsanlage kann ein kurzfristiger Ausfall möglicherweise toleriert werden. Wird das aufbereitete Wasser dagegen für einen kontinuierlichen technischen Prozess benötigt, kann eine höhere Versorgungssicherheit erforderlich sein. In diesem Fall muss das Betreiberkonzept entweder technische Reserven, alternative Wasserquellen oder eine andere Rückfallebene vorsehen.

Auch die langfristige Verfügbarkeit von Ersatzteilen, Wartungsleistungen und technischem Know-how sollte berücksichtigt werden. Dezentrale Wasserwiederverwendungsanlagen werden typischerweise nicht nur für wenige Jahre errichtet. Ein Betreiberkonzept sollte deshalb vermeiden, dass der dauerhafte Betrieb von einzelnen schwer ersetzbaren Komponenten, proprietären Systemen oder nur kurzfristig verfügbaren Dienstleistungen abhängig wird.

Ein weiteres Kriterium ist die betriebliche Transparenz. Je stärker Aufgaben zwischen mehreren Akteuren verteilt werden, desto wichtiger ist ein nachvollziehbarer Informationsfluss. Der Eigentümer oder Nutzer muss nicht zwingend sämtliche technischen Detaildaten erhalten. Er sollte jedoch in der Lage sein, den Betriebszustand, relevante Störungen, Wartungsbedarf und wesentliche Leistungskennzahlen nachvollziehen zu können. Dies gilt insbesondere dann, wenn der technische Betrieb vollständig an einen externen Dienstleister übertragen wird.

Die technische Tragfähigkeit eines Betreibermodells lässt sich damit nicht ausschließlich über die Qualität der eingesetzten Anlage bewerten. Entscheidend ist, ob das gewählte organisatorische Modell dauerhaft sicherstellt, dass die Technik fachgerecht betrieben, gewartet und bei Bedarf angepasst werden kann.

5.2 Genehmigungsbedingungen und sichere Nutzung

Eine zentrale Anforderung an ein Betreiberkonzept ist die Fähigkeit, die für den jeweiligen Standort und Nutzungspfad geltenden genehmigungsrechtlichen Bedingungen dauerhaft in den Betrieb zu integrieren.

Dabei ist zwischen allgemeinen technischen Anforderungen und den konkreten Bedingungen eines einzelnen Vorhabens zu unterscheiden. Technische Regelwerke und rechtliche Rahmenbedingungen geben eine wichtige Orientierung für Planung, Aufbereitung, Monitoring und Risikomanagement. Die ReWaterCity-

Unterlagen weisen jedoch ausdrücklich darauf hin, dass die konkrete Zulässigkeit einer Wasserwiederverwendung standort-, nutzungs- und risikobezogen beurteilt wird.

Damit kann dieselbe technische Nutzung an unterschiedlichen Standorten mit unterschiedlichen Anforderungen verbunden sein. Für die Auswahl eines Betreiberkonzeptes ist deshalb nicht nur relevant, welche Wasserqualität technisch für einen Anwendungsfall erforderlich erscheint. Ebenso maßgeblich ist, welche Anforderungen im Rahmen der konkreten Genehmigung festgelegt werden.

Diese können erheblichen Einfluss auf den laufenden Aufwand haben. Zusätzliche Probenahmen, Laboranalysen, Dokumentationspflichten, Kontrollintervalle, technische Barrieren oder Vorgaben für bestimmte Betriebszustände erhöhen den organisatorischen und gegebenenfalls auch finanziellen Aufwand. Ein Betreiberkonzept, das unter rein technischen Gesichtspunkten wirtschaftlich erscheint, kann dadurch deutlich verändert werden.

Besonders relevant ist dies bei zeitlich befristeten Genehmigungen oder Pilotbetrieben. Eine Anlage kann technisch für einen langen Zeitraum ausgelegt sein, während ihre Nutzung zunächst nur für eine begrenzte Erprobungsphase zugelassen wird. In diesem Fall entsteht ein Spannungsfeld zwischen technischer Lebensdauer und genehmigungsrechtlich abgesicherter Nutzungsdauer. Für die Betreiberentscheidung kann dies erheblich sein, weil eine hohe Anfangsinvestition schwerer zu rechtfertigen ist, wenn die langfristige Nutzung noch nicht feststeht.

Gerade in solchen Situationen können Betreiberkonzepte mit geringerer Kapitalbindung oder höherer Flexibilität vorteilhaft sein. Eine mobile oder transportable Anlage kann beispielsweise zunächst eingesetzt werden, ohne bereits eine dauerhaft fest installierte Infrastruktur zu schaffen. Erst wenn sich eine langfristige Nutzungsperspektive ergibt, kann ein anderes Betreiber- und Investitionskonzept gewählt werden. Die im ReWaterCity-Vortrag formulierte Erkenntnis, dass sich Betreiberkonzepte im Projektverlauf verändern können, greift genau diesen Zusammenhang auf.

Neben der Einhaltung von Qualitätsanforderungen muss das Betreiberkonzept auch sicherstellen, dass das Wasser ausschließlich im zugelassenen Rahmen verwendet wird. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn unterschiedliche Nutzungen am gleichen Standort grundsätzlich denkbar wären. Eine technische Anlage kann möglicherweise eine Wasserqualität erzeugen, die für mehrere Anwendungen geeignet erscheint. Daraus folgt jedoch nicht automatisch, dass alle diese Anwendungen auch genehmigt sind.

Die Nutzung muss deshalb organisatorisch und technisch so gestaltet werden, dass eine unbeabsichtigte oder nicht zulässige Verwendung möglichst ausgeschlossen wird. Dies kann über fest installierte Leitungen, getrennte Entnahmestellen, Zugangskontrollen oder andere technische Maßnahmen erfolgen. Bei mehreren Abnehmern oder flexibleren Entnahmesystemen steigt dagegen der organisatorische Kontrollbedarf.

Auch Änderungen des Nutzungspfades müssen berücksichtigt werden. Wird beispielsweise eine Anlage zunächst ausschließlich für eine bestimmte Bewässerungsanwendung betrieben und soll später zusätzlich Wasser für eine andere technische Nutzung bereitgestellt werden, kann dies eine erneute Prüfung der Randbedingungen erforderlich machen. Ein Betreiberkonzept sollte deshalb vermeiden, technische oder organisatorische Erweiterungen als rein betriebliche Entscheidung zu betrachten, wenn sie den genehmigten Nutzungspfad verändern.

Für die langfristige Tragfähigkeit bedeutet dies, dass Genehmigungsbedingungen nicht als einmalige Hürde vor der Inbetriebnahme verstanden werden dürfen. Sie sind vielmehr Bestandteil des laufenden Betriebs und können die Betreiberorganisation während der gesamten Nutzungsdauer prägen.

5.3 Wirtschaftlichkeit, Kapitalbindung und Finanzierungsrahmen

Ein Betreiberkonzept muss wirtschaftlich tragfähig sein. Dabei darf Wirtschaftlichkeit nicht ausschließlich mit einem möglichst niedrigen Anschaffungspreis gleichgesetzt werden. Entscheidend ist vielmehr die Betrachtung der über den gesamten vorgesehenen Zeitraum entstehenden Kosten und Risiken.

Zu den relevanten Kosten gehören zunächst Planung, technische Konzeption, Herstellung oder Beschaffung der Anlage sowie Errichtung und Inbetriebnahme. Hinzu kommen laufende Kosten für Energie, Wartung, Verbrauchsmaterialien, Ersatzteile, Analytik, Dokumentation, technische Betreuung und gegebenenfalls externe Dienstleistungen. Auch spätere Ersatzinvestitionen oder Anpassungen können von Bedeutung sein.

Für die Bewertung eines Betreiberkonzeptes ist dabei vor allem relevant, bei wem diese Kosten anfallen und wie planbar sie sind. Ein Eigenbetrieb kann mit einer vergleichsweise hohen Anfangsinvestition verbunden sein, ermöglicht aber anschließend eine weitgehende Kontrolle über die laufenden Kosten. Bei einem Dienstleistungs- oder Contractingmodell kann die anfängliche Kapitalbindung beim Nutzer geringer sein, dafür entstehen regelmäßige vertragliche Zahlungen.

An dieser Stelle ist erneut die Abgrenzung zwischen Betreiber- und Finanzierungsmodell wichtig. Kauf, Kreditfinanzierung, Miete, Leasing, Mietkauf oder die Nutzung von Fördermitteln bestimmen zunächst, wie die Investition finanziert beziehungsweise wirtschaftlich getragen wird. Sie legen nicht zwangsläufig fest, wer die Anlage betreibt. Ein Betreiberkonzept kann daher mit unterschiedlichen Finanzierungsformen kombiniert werden.

Für die Bewertung eines Betreibermodells ist die Finanzierungsstruktur dennoch relevant, weil sie die Risikoverteilung beeinflusst. Wer eine Anlage kauft, bindet Kapital und trägt das Risiko, dass sich technische, rechtliche oder wirtschaftliche Rahmenbedingungen verändern. Ein Miet- oder Dienstleistungsmodell kann dieses Risiko teilweise auf einen Anbieter verlagern, führt jedoch meist zu langfristigen vertraglichen Verpflichtungen.

Besonders wichtig ist deshalb die geplante Nutzungsdauer. Eine hohe Investition kann wirtschaftlich sinnvoll sein, wenn eine Anlage langfristig und mit hoher Auslastung betrieben wird. Bei einer zeitlich begrenzten Erprobung oder einer noch unsicheren langfristigen Nutzungsperspektive kann dieselbe Investition dagegen wenig attraktiv sein.

Auch die Entwicklung von Wasserpreisen kann die wirtschaftliche Attraktivität beeinflussen. Steigen die Kosten für Trinkwasser oder andere Wasserbereitstellungsformen, erhöht sich grundsätzlich der wirtschaftliche Wert des lokal wiederverwendeten Wassers. Wer von diesem Vorteil profitiert, hängt wiederum vom Betreiber- und Vertragsmodell ab. Im Eigenbetrieb verbleibt die Einsparung unmittelbar beim Nutzer. Bei einem externen Versorgungsmodell kann sie dagegen zwischen Betreiber und Abnehmer aufgeteilt werden oder sich in der Preisgestaltung der Dienstleistung widerspiegeln.

Die wirtschaftliche Bewertung sollte deshalb nicht nur die Frage beantworten, ob Wasserwiederverwendung grundsätzlich Kosten einsparen kann. Ebenso wichtig ist, wer investiert, wer laufende Kosten trägt, wer wirtschaftliche Vorteile erhält und wer Risiken aus Preis-, Mengen- oder Nutzungsänderungen übernimmt.

Bei mehreren Beteiligten kann dies komplex werden. Wird eine Anlage beispielsweise von einem unabhängigen Betreiber finanziert, während mehrere Nutzer Wasser abnehmen, muss eine Preis- oder Vergütungsstruktur geschaffen werden, die sowohl die Betriebskosten als auch die Refinanzierung der Investition ermöglicht. Gleichzeitig muss das Modell für die Nutzer attraktiv bleiben.

Ein weiterer Einflussfaktor ist die tatsächliche Auslastung der Anlage. Gerade bei saisonalen Anwendungen kann der wirtschaftliche Erfolg stark davon abhängen, ob außerhalb der Hauptnutzungszeit weitere Anwendungen vorhanden sind. Eine geringe Auslastung erhöht die spezifischen Kosten je genutztem Kubikmeter, weil ein großer Teil der Fixkosten unabhängig von der tatsächlich abgegebenen Wassermenge entsteht.

Damit wird deutlich, dass Wirtschaftlichkeit nicht isoliert von Nutzerstruktur und Anlagenkonzept betrachtet werden kann. Ein Betreiberkonzept ist wirtschaftlich umso robuster, je besser Investition, Anlagenkapazität, tatsächliche Nutzung und Vertragsstruktur aufeinander abgestimmt sind.

5.4 Risiko, Steuerung und Abhängigkeiten

Jedes Betreiberkonzept verteilt Risiken zwischen den beteiligten Akteuren. Diese Risikoverteilung gehört zu den wichtigsten Unterschieden zwischen den verschiedenen Modellen.

Im Eigenbetrieb verbleiben viele Risiken unmittelbar beim Eigentümer und Nutzer. Dazu gehören technische Risiken, Investitionsrisiken, Kostensteigerungen und gegebenenfalls Risiken aus einer veränderten Nutzung.

Gleichzeitig besitzt der Betreiber jedoch auch die größte Kontrolle über die Anlage und kann Entscheidungen weitgehend selbst treffen.

Mit zunehmender Übertragung von Aufgaben an externe Akteure können bestimmte Risiken verlagert werden. Ein Betreibervertrag kann beispielsweise dazu führen, dass der technische Betriebsaufwand und bestimmte Verfügbarkeitsrisiken beim Dienstleister liegen. Bei einem Contractingmodell können zusätzlich Investitions- und Finanzierungsrisiken teilweise vom Nutzer auf den Contractor übertragen werden. Die bisherige ReWaterCity-Betrachtung fasst diesen Zusammenhang so zusammen, dass mit zunehmender Aufgabenübertragung der eigene Betriebsaufwand sinkt, während Vertragsbindung und Schnittstellenbedarf zunehmen.

Risikoverlagerung bedeutet deshalb nicht automatisch Risikoreduzierung. Sie verändert vielmehr die Art des Risikos. Anstelle eines technischen Betriebsrisikos kann beispielsweise eine stärkere wirtschaftliche Abhängigkeit von einem einzelnen Dienstleister entstehen.

Diese Abhängigkeit sollte insbesondere bei langfristigen Vertragsmodellen berücksichtigt werden. Wenn ein Anbieter gleichzeitig Eigentümer der Anlage, technischer Betreiber und einziger verfügbarer Wartungsdienstleister ist, kann ein Wechsel des Partners schwierig sein. Für den Nutzer können dadurch langfristige Bindungen entstehen, die bei Vertragsabschluss sorgfältig bewertet werden sollten.

Auf der anderen Seite kann eine zu starke Aufteilung von Leistungen ebenfalls nachteilig sein. Wenn Planung, Betrieb, Wartung, Qualitätsüberwachung und Wasserversorgung von mehreren voneinander unabhängigen Unternehmen übernommen werden, entstehen zahlreiche Schnittstellen. Im Störfall kann dann die Frage auftreten, welcher Akteur tatsächlich verantwortlich ist. Ein gutes Betreiberkonzept sollte deshalb nicht möglichst viele Aufgaben verteilen, sondern eine sinnvolle Balance zwischen Spezialisierung und klarer Gesamtverantwortung schaffen.

Die gewünschte Steuerungsmöglichkeit spielt hierbei eine wichtige Rolle. Ein Nutzer, der die Anlage selbst besitzt und betreibt, kann beispielsweise technische Anpassungen oder Änderungen der Betriebsweise vergleichsweise unmittelbar umsetzen. Bei einem langfristigen Contractingmodell können solche Änderungen dagegen vertraglich geregelt und möglicherweise mit zusätzlichen Kosten verbunden sein.

Für Kommunen oder andere öffentliche Akteure kann die Steuerungsmöglichkeit aus weiteren Gründen relevant sein. Wird eine Anlage Teil einer langfristigen Infrastrukturstrategie, kann ein stärkerer öffentlicher Einfluss gewünscht sein. Bei einer rein internen betrieblichen Nutzung durch ein Unternehmen kann dagegen eine möglichst geringe eigene Betreiberverantwortung im Vordergrund stehen.

Damit existiert kein grundsätzlich optimales Verhältnis zwischen Kontrolle und Aufgabenübertragung. Die geeignete Balance hängt von den Zielen und Kompetenzen der jeweiligen Akteure ab. Die ReWaterCity-

Betrachtung ordnet deshalb beispielsweise einem einzelnen großen Nutzer eher Eigenbetrieb oder Betreibervertrag zu, während bei mehreren lokalen Abnehmern kommunale oder kooperative Modelle und bei fehlenden eigenen Investitionsmitteln Contractingmodelle in Betracht kommen können. Diese Zuordnungen sind keine festen Regeln, verdeutlichen aber, wie unterschiedlich die Anforderungen an Steuerung und Risikoverteilung sein können.

5.5 Vertragslaufzeit und langfristige Bindung

Die Laufzeit eines Betreiberkonzeptes ist eng mit Investition, technischer Lebensdauer und Risikoverteilung verbunden. Gerade bei Modellen, bei denen ein externer Anbieter wesentliche Investitionen übernimmt, sind häufig längere Vertragslaufzeiten erforderlich, damit sich diese Investitionen refinanzieren können.

Für den Nutzer bietet eine langfristige Vereinbarung Planungssicherheit. Preise, Serviceumfang, Wartungsleistungen und technische Verantwortung können für einen längeren Zeitraum geregelt werden. Gleichzeitig reduziert eine lange Vertragsbindung die Flexibilität.

Diese Frage gewinnt bei Wasserwiederverwendung eine besondere Bedeutung, weil sich die Rahmenbedingungen während der Lebensdauer einer Anlage verändern können. Wasserbedarf, Nutzerstruktur, technische Anforderungen oder Genehmigungsbedingungen können sich weiterentwickeln. Ein Vertrag sollte deshalb ausreichend stabil sein, um Investitionen abzusichern, gleichzeitig aber Mechanismen für notwendige Anpassungen vorsehen.

Besonders schwierig ist die Abstimmung, wenn unterschiedliche Zeithorizonte zusammentreffen. Eine technische Anlage kann für eine Nutzungsdauer von vielen Jahren ausgelegt sein, während ein Grundstück nur kurzfristig gepachtet ist, ein industrieller Prozess mittelfristig verändert werden kann oder eine Nutzung zunächst nur befristet zugelassen ist.

Ein geeignetes Betreiberkonzept sollte deshalb die Dauerhaftigkeit der einzelnen Rahmenbedingungen berücksichtigen. Je unsicherer die langfristige Nutzungsperspektive ist, desto wichtiger werden flexible oder stufenweise Modelle.

Auch Kündigungs- und Übergangsregelungen spielen dabei eine Rolle. Wenn ein externer Betreiber seine Tätigkeit beendet oder ein Vertrag ausläuft, muss geklärt sein, was mit der Anlage und der Betriebsverantwortung geschieht. Bei einer eigenen Anlage ist ein Betreiberwechsel prinzipiell leichter möglich, sofern technische Unterlagen, Zugänge und Know-how verfügbar sind. Bei einem Modell, in dem die Anlage Eigentum des Dienstleisters bleibt, kann dagegen auch die technische Infrastruktur unmittelbar an den Vertrag gebunden sein.

Langfristige Vertragsmodelle sollten deshalb nicht ausschließlich anhand des aktuellen Leistungsumfangs beurteilt werden. Entscheidend ist auch, wie ein späterer Wechsel, eine Erweiterung oder eine Beendigung des Systems gestaltet werden kann.

5.6 Anpassungsfähigkeit und Skalierbarkeit

Ein Wasserwiederverwendungssystem sollte möglichst nicht nur für einen exakt definierten Ausgangszustand funktionieren. Gerade bei neuen Anwendungen kann sich erst im laufenden Betrieb zeigen, wie sich Abwassermengen und Wasserbedarf tatsächlich entwickeln.

Ein Betreiberkonzept sollte deshalb technische und organisatorische Anpassungen ermöglichen. Dies betrifft zunächst Veränderungen der Anlagenleistung. Steigt der Wasserbedarf, kann eine Erweiterung sinnvoll werden. Sinkt er, sollte der Betrieb möglichst nicht dauerhaft mit einer stark überdimensionierten Anlage erfolgen.

Modulare Anlagen bieten hierfür grundsätzlich Vorteile, wenn einzelne Komponenten ergänzt oder angepasst werden können. Die technische Flexibilität allein genügt jedoch nicht. Auch Verträge und Verantwortlichkeiten müssen entsprechende Erweiterungen ermöglichen.

Ähnliches gilt bei zusätzlichen Nutzern. Ein zunächst für einen einzelnen Abnehmer entwickeltes System kann später grundsätzlich erweitert werden. Dadurch verändern sich jedoch möglicherweise Preisgestaltung, Verantwortlichkeiten und Anforderungen an Versorgungssicherheit. Das Betreiberkonzept muss deshalb mitwachsen können.

Auch eine Änderung oder Ergänzung der Nutzung kann eine Anpassung erforderlich machen. Dabei ist besonders zu beachten, dass ein technisch möglicher neuer Nutzungspfad nicht automatisch innerhalb der vorhandenen Genehmigung abgedeckt sein muss. Skalierbarkeit bedeutet deshalb nicht grenzenlose technische Erweiterbarkeit, sondern die Fähigkeit, Änderungen geordnet in technische, organisatorische und genehmigungsrechtliche Strukturen zu integrieren.

Die zeitliche Skalierbarkeit ist ebenfalls wichtig. Eine Pilotphase kann mit einer mobilen Anlage und einem hohen Dienstleistungsanteil beginnen. Bei einer erfolgreichen langfristigen Entwicklung kann daraus eine stationäre Lösung mit einer anderen Eigentums- und Betreiberstruktur entstehen. Ein solches stufenweises Vorgehen ermöglicht es, Investitionen und organisatorische Komplexität an die tatsächliche Projektreife anzupassen.

Diese Flexibilität sollte allerdings nicht mit fehlender Verbindlichkeit verwechselt werden. Ein Betreiberkonzept benötigt klare Zuständigkeiten und verlässliche Regeln. Anpassungsfähigkeit bedeutet

vielmehr, dass diese Regeln so gestaltet sind, dass Veränderungen möglich sind, ohne das gesamte Modell neu entwickeln zu müssen.

5.7 Gesamtabwägung statt Einzeloptimierung

Die beschriebenen Kriterien zeigen, dass die Auswahl eines Betreiberkonzeptes eine Abwägungsentscheidung ist. Ein Modell mit minimaler eigener Investition kann mit einer stärkeren langfristigen Vertragsbindung verbunden sein. Ein Modell mit maximaler eigener Kontrolle kann höhere Anforderungen an Fachpersonal und interne Betriebsorganisation stellen. Ein besonders flexibles Modell kann wirtschaftlich teurer sein als eine langfristig festgelegte Lösung.

Daraus folgt, dass einzelne Kriterien nicht unabhängig optimiert werden können. Die geeignete Lösung ergibt sich aus der Gewichtung der Anforderungen im konkreten Projekt.

Für einen Nutzer mit eigener technischer Organisation kann Kontrolle und langfristige Kostenoptimierung besonders wichtig sein. Für einen anderen Nutzer kann dagegen entscheidend sein, möglichst wenig eigenes Personal mit dem Anlagenbetrieb zu binden. Ein kommunales Projekt mit mehreren Nutzern kann wiederum besonderen Wert auf langfristige Steuerbarkeit und Versorgungssicherheit legen.

Auch die Risikobereitschaft unterscheidet sich. Ein Unternehmen kann bereit sein, eine Investition selbst zu tragen, wenn dadurch langfristige Einsparungen erwartet werden. Ein anderer Akteur bevorzugt möglicherweise ein planbares Dienstleistungsentgelt, obwohl die Gesamtkosten über einen langen Zeitraum höher liegen könnten.

Das passende Betreiberkonzept ergibt sich deshalb aus dem Zusammenspiel von technischer Ausgangslage, Nutzungsdauer, vorhandenen Kompetenzen, wirtschaftlichen Möglichkeiten, genehmigungsrechtlichen Randbedingungen und gewünschter Risikoverteilung. Genau aus diesem Grund formuliert die ReWaterCity-Betrachtung die Auswahl als projektspezifische Entscheidung aus Ausgangslage, Kompetenzen und Risikobereitschaft.

Diese Anforderungen bilden die Bewertungsgrundlage für die im folgenden Kapitel beschriebenen konkreten Betreibermodelle. Dort wird nicht mehr allgemein betrachtet, welche Eigenschaften ein tragfähiges Modell besitzen sollte, sondern wie unterschiedliche organisatorische Grundformen diese Anforderungen jeweils erfüllen und welche Vor- und Nachteile sich daraus ergeben.

6 Betreibermodelle für dezentrale Wasserwiederverwendung

Auf Grundlage der zuvor beschriebenen Aufgaben, Rollen und Anforderungen lassen sich mehrere Grundformen von Betreibermodellen unterscheiden. Sie unterscheiden sich vor allem darin, bei welchem Akteur Eigentum, technischer Betrieb, Steuerung und wirtschaftliches Risiko liegen und in welchem Umfang externe Partner eingebunden werden.

Die im Rahmen von ReWaterCity betrachteten Grundformen reichen vom Eigenbetrieb über kommunale und kooperative Modelle bis zu Betreibervertrag, Contracting und Projektgesellschaft. Gleichzeitig wurde bereits herausgearbeitet, dass die Übergänge zwischen diesen Modellen fließend sind und in der Praxis häufig Mischformen entstehen.

Die nachfolgende Darstellung versteht diese Modelle daher nicht als starre Kategorien. Sie dienen vielmehr als Orientierung, aus der für einen konkreten Standort ein angepasstes Betreiberkonzept entwickelt werden kann.

6.1 Eigenbetrieb durch den Nutzer

Beim Eigenbetrieb übernimmt der Nutzer des aufbereiteten Wassers selbst die wesentliche Verantwortung für die Anlage. In der einfachsten Form ist er zugleich Initiator, Eigentümer, Investor und technischer Betreiber. Externe Unternehmen werden lediglich für einzelne Leistungen wie Planung, Wartung, Analytik oder größere Reparaturen hinzugezogen.

Dieses Modell bietet sich insbesondere dort an, wo ein einzelner größerer Nutzer vorhanden ist, der über geeignete technische und organisatorische Strukturen verfügt. Dies kann beispielsweise bei Industrieunternehmen, größeren Liegenschaften, kommunalen Betrieben oder Infrastrukturunternehmen der Fall sein.

Der wesentliche Vorteil liegt in der hohen Kontrolle über Betrieb und technische Entwicklung. Anpassungen können weitgehend nach den eigenen betrieblichen Anforderungen vorgenommen werden. Auch wirtschaftliche Vorteile aus einer langfristigen Nutzung des aufbereiteten Wassers verbleiben unmittelbar beim Betreiber.

Dem steht gegenüber, dass Investition und ein großer Teil der betrieblichen Risiken beim Nutzer selbst liegen. Er muss entweder über eigenes Fachpersonal verfügen oder die erforderlichen Kompetenzen durch Dienstleistungsverträge ergänzen. Auch langfristige Ersatzinvestitionen und technische Weiterentwicklungen müssen durch ihn organisiert werden.

Eigenbetrieb bedeutet dabei nicht zwangsläufig, dass sämtliche Tätigkeiten mit eigenem Personal durchgeführt werden. Gerade bei dezentralen Anlagen ist eine Kombination aus eigener

Betreiberverantwortung und externen Serviceleistungen denkbar. Dadurch kann der Nutzer strategische Kontrolle behalten, ohne jede technische Spezialaufgabe selbst abdecken zu müssen.

6.2 Kommunales Betreibermodell

Bei einem kommunalen Betreibermodell liegt die zentrale Betreiberfunktion bei einer Kommune, einem Eigenbetrieb oder einem kommunalen Unternehmen. Dieses Modell kann besonders interessant sein, wenn mehrere öffentliche oder private Nutzer innerhalb eines räumlich zusammenhängenden Gebietes versorgt werden sollen.

Eine Kommune kann dabei selbst Eigentümer und Betreiber der Anlage sein oder einzelne Aufgaben an spezialisierte Dienstleister vergeben. Ebenso ist denkbar, dass ein kommunales Unternehmen die technische Betriebsführung übernimmt und das aufbereitete Wasser verschiedenen Nutzern zur Verfügung stellt.

Der Vorteil eines solchen Modells liegt insbesondere in der langfristigen Ausrichtung und der Möglichkeit, Wasserwiederverwendung in kommunale Infrastruktur- oder Klimaanpassungsstrategien einzubinden. Dies kann vor allem dann relevant sein, wenn nicht nur ein einzelner Nutzer, sondern mehrere Liegenschaften, Grünflächen oder Einrichtungen von einer gemeinsamen Lösung profitieren.

Das Modell setzt allerdings voraus, dass die Kommune entsprechende Aufgaben übernehmen möchte und organisatorisch dazu in der Lage ist. Neben dem technischen Betrieb können Abrechnung, Vertragsmanagement und Koordination mehrerer Nutzer zusätzlichen Aufwand verursachen.

Kommunale Modelle können deshalb sehr unterschiedlich ausgestaltet sein. Sie reichen von einem vollständigen Eigenbetrieb bis zu einer kommunalen Eigentümerrolle mit weitgehend extern vergebenem Anlagenbetrieb.

6.3 Gemeinschafts- und Kooperationsmodell

Bei einem Kooperationsmodell wird die Verantwortung auf mehrere beteiligte Akteure verteilt. Dieses Modell kann insbesondere dort sinnvoll sein, wo Abwasserquelle, Anlagenstandort und Nutzung des aufbereiteten Wassers nicht bei derselben Organisation liegen oder mehrere Nutzer an einem gemeinsamen System beteiligt sind.

Ein mögliches Beispiel wäre ein Gewerbegebiet, in dem mehrere Unternehmen gemeinsam eine Anlage nutzen. Ebenso können Kommune, Grundstückseigentümer und private Nutzer gemeinsam an einem lokalen Wasserwiederverwendungssystem beteiligt sein.

Der wesentliche Vorteil liegt darin, dass Investitionen, Aufgaben und Risiken auf mehrere Partner verteilt werden können. Gleichzeitig können unterschiedliche Kompetenzen zusammengeführt werden. Ein Partner verfügt beispielsweise über den Standort und die Abwasserquelle, ein anderer über technischen Sachverstand und ein weiterer über einen kontinuierlichen Wasserbedarf.

Der Nachteil liegt im höheren Abstimmungsbedarf. Je mehr Beteiligte vorhanden sind, desto wichtiger werden eindeutige Vereinbarungen über Entscheidungsbefugnisse, Kostenverteilung und Verantwortlichkeiten. Auch Veränderungen innerhalb des Projektes müssen gemeinsam geregelt werden können.

Kooperationsmodelle eignen sich deshalb vor allem dann, wenn zwischen den Beteiligten ein längerfristiges gemeinsames Interesse besteht und eine belastbare organisatorische Grundlage geschaffen werden kann.

6.4 Betreibervertrag mit einem spezialisierten Dienstleister

Beim Betreibervertrag bleibt die Anlage typischerweise im Eigentum des Nutzers oder eines anderen Auftraggebers, während der technische Betrieb ganz oder teilweise an einen spezialisierten Dienstleister übertragen wird.

Der Leistungsumfang kann sehr unterschiedlich ausgestaltet sein. Er kann sich auf regelmäßige Wartung und technische Betreuung beschränken oder den vollständigen Anlagenbetrieb einschließlich Fernüberwachung, Störungsmanagement, Dokumentation und Koordination von Analysen umfassen.

Dieses Modell ist insbesondere für Akteure interessant, die grundsätzlich selbst investieren und Eigentümer der Anlage sein möchten, jedoch kein eigenes Personal für den dauerhaften technischen Betrieb aufbauen wollen.

Der Vorteil besteht darin, Eigentum und strategische Kontrolle von der operativen Betriebsführung trennen zu können. Gleichzeitig kann auf spezialisiertes Fachwissen zurückgegriffen werden.

Wesentlich für die Qualität eines solchen Modells ist die genaue Definition der übertragenen Leistungen. Insbesondere Reaktionszeiten, Wartungsumfang, Verfügbarkeit und Verantwortlichkeiten bei Störungen sollten eindeutig geregelt werden.

Ein Betreibervertrag kann außerdem modular aufgebaut sein. Einzelne Leistungen können vom Nutzer selbst übernommen und andere dauerhaft extern vergeben werden. Damit ist dieses Modell vergleichsweise flexibel und kann an unterschiedliche Betriebsstrukturen angepasst werden.

6.5 Contracting-Modell

Beim Contracting übernimmt ein externer Anbieter einen wesentlich größeren Teil des Gesamtsystems. Je nach Vertragsgestaltung kann der Contractor Planung, Finanzierung, Errichtung, Eigentum und Betrieb der Anlage übernehmen. Der Nutzer bezieht anschließend eine definierte Leistung, beispielsweise die Bereitstellung einer bestimmten Wassermenge oder den vollständigen Betrieb des Wasserwiederverwendungssystems.

Für den Nutzer kann dieses Modell insbesondere dann attraktiv sein, wenn keine eigene Investition gewünscht ist oder nur geringe interne Kapazitäten für den technischen Betrieb vorhanden sind. Der Contractor übernimmt einen wesentlichen Teil der technischen und wirtschaftlichen Verantwortung und refinanziert seine Leistungen über die vereinbarten Zahlungen während der Vertragslaufzeit.

Contracting ist deshalb stärker als ein reiner Betreibervertrag mit einer langfristigen wirtschaftlichen Beziehung verbunden. Der Nutzer gibt einen Teil seiner direkten Steuerungsmöglichkeiten ab, erhält dafür aber eine weitgehend planbare Dienstleistung.

Die Ausgestaltung der Vergütung kann sehr unterschiedlich sein. Denkbar sind feste Grundentgelte, mengenabhängige Preise oder Kombinationen aus verschiedenen Bestandteilen. Entscheidend ist, dass Investitionsrisiko, Betriebsrisiko und Mengenrisiko eindeutig geregelt werden.

Eine besondere Bedeutung besitzt dabei die Vertragslaufzeit. Da der Contractor häufig selbst investiert, sind längere Laufzeiten erforderlich, um die Anlage zu refinanzieren. Dadurch entsteht eine stärkere Bindung zwischen Nutzer und Betreiber.

Contracting kann insbesondere für größere, klar definierte Anwendungen interessant sein, bei denen ein längerfristiger Wasserbedarf erwartet wird und der Nutzer die technische Betriebsverantwortung weitgehend auslagern möchte.

6.6 Projektgesellschaft und öffentlich-private Kooperationen

Bei größeren oder komplexeren Vorhaben kann die Gründung einer eigenen Projekt- oder Betreibergesellschaft sinnvoll sein. Diese Gesellschaft übernimmt dann klar definierte Aufgaben wie Eigentum, Finanzierung, Betrieb oder Vermarktung des aufbereiteten Wassers.

Ein solches Modell bietet sich insbesondere an, wenn mehrere Partner dauerhaft beteiligt sind und eine eigenständige organisatorische Struktur benötigt wird. Dies kann beispielsweise bei größeren Quartierslösungen, Gewerbegebieten oder Projekten mit mehreren öffentlichen und privaten Beteiligten der Fall sein.

Durch eine gemeinsame Gesellschaft lassen sich Beteiligungsquoten, Entscheidungsstrukturen sowie wirtschaftliche Chancen und Risiken formal abbilden. Gleichzeitig entsteht jedoch zusätzlicher organisatorischer und rechtlicher Aufwand.

Öffentlich-private Partnerschaften stellen eine besondere Form solcher Kooperationsmodelle dar. Dabei können öffentliche und private Akteure ihre jeweiligen Stärken miteinander verbinden. Eine Kommune kann beispielsweise langfristige Standort- und Infrastrukturinteressen einbringen, während ein privater Partner technische Kompetenz oder Kapital bereitstellt.

Auch genossenschaftliche oder vereinsbasierte Organisationsformen können für gemeinschaftlich getragene Wasserwiederverwendungsprojekte grundsätzlich in Betracht kommen. Eine Genossenschaft bietet sich insbesondere dann an, wenn mehrere Nutzer, Grundstückseigentümer oder andere Beteiligte dauerhaft gemeinsame Interessen verfolgen und die Anlage gemeinsam finanzieren, nutzen oder betreiben möchten. Die Mitglieder können sich über ihre Beteiligung in die Organisation einbringen und zugleich von gemeinsam geschaffenen Infrastrukturen profitieren. Für kleinere räumlich zusammenhängende Nutzergruppen, Quartiere oder gewerbliche Zusammenschlüsse kann dies eine interessante Alternative zu einer klassischen Kapitalgesellschaft darstellen. Auch ein eingetragener Verein kann als organisatorischer Rahmen denkbar sein, insbesondere wenn die gemeinschaftliche, nicht primär gewinnorientierte Nutzung einer Anlage im Vordergrund steht. Ob eine solche Rechtsform im konkreten Fall geeignet ist, hängt jedoch stark von den vorgesehenen wirtschaftlichen Aktivitäten, Haftungsfragen, Investitionsvolumen und den langfristigen Betreiberpflichten ab. Genossenschaft und Verein sind daher weniger als eigene technische Betreibermodelle zu verstehen, sondern als mögliche rechtliche Organisationsformen für kooperative Betreiberkonzepte.

Solche Modelle sind daher eher für größere und langfristig angelegte Systeme geeignet. Für kleinere Einzelanlagen wäre der organisatorische Aufwand meist unverhältnismäßig hoch.

6.7 Mischformen und modulare Betreiberkonzepte

In der Praxis werden viele Projekte nicht eindeutig einer einzelnen der beschriebenen Grundformen zugeordnet werden können. Häufig entsteht ein Betreiberkonzept aus mehreren Elementen.

Ein Nutzer kann beispielsweise Eigentümer der Anlage sein, den technischen Betrieb an einen Dienstleister vergeben und gleichzeitig einzelne Wartungs- oder Qualitätskontrollaufgaben mit dem Hersteller vereinbaren. Ebenso kann eine Kommune Eigentümerin der Infrastruktur sein, während ein privates Unternehmen den Betrieb übernimmt und mehrere Nutzer mit aufbereitetem Wasser versorgt.

Auch Contractingmodelle können unterschiedlich weit reichen. Der externe Anbieter kann beispielsweise lediglich die Aufbereitungsanlage bereitstellen, während Speicherung und Verteilung im Verantwortungsbereich des Nutzers verbleiben. In einem anderen Modell übernimmt er das komplette System bis zum definierten Übergabepunkt.

Gerade diese Kombinationsmöglichkeiten sind für dezentrale Wasserwiederverwendung von Bedeutung, weil Standorte, Nutzerstrukturen und technische Anforderungen sehr unterschiedlich sein können. Die Betreiberorganisation sollte deshalb nicht zwangsläufig an einem vorgefertigten Modell ausgerichtet werden. Sinnvoller ist es, aus den beschriebenen Grundformen diejenigen Elemente auszuwählen, die zu den jeweiligen Rahmenbedingungen passen.

Dabei ist erneut zwischen Betreiber- und Finanzierungsmodell zu unterscheiden. Eine Anlage kann beispielsweise im Eigenbetrieb genutzt und gleichzeitig geleast werden. Ebenso kann ein Betreibervertrag mit einem kreditfinanzierten Kauf oder mit Fördermitteln kombiniert werden. Umgekehrt kann auch ein Contractingmodell Elemente enthalten, die wirtschaftlich einer Miete ähneln. Die Begriffe sollten deshalb nicht allein aufgrund der Zahlungsweise einem bestimmten Betreiberkonzept zugeordnet werden.

Aus den beschriebenen Grundformen ergibt sich somit keine feste Rangfolge. Vielmehr zeigen sie unterschiedliche Möglichkeiten, Verantwortung, Kontrolle und Betriebsaufwand zu verteilen. Welche dieser Varianten für einen konkreten Standort geeignet ist, hängt von der jeweiligen Projektkonstellation ab.

Die nachfolgende Betrachtung richtet den Fokus deshalb auf eine weitere Dimension: Betreiberkonzepte müssen nicht nur zu einem Standort passen, sondern können sich auch im zeitlichen Verlauf eines Projektes verändern. Gerade der Übergang von einer Erprobungs- und Evaluierungsphase zu einem langfristigen Regelbetrieb kann eine Anpassung der Betreiberstruktur sinnvoll machen.

7 Betreiberkonzepte im zeitlichen Projektverlauf

Die Wahl eines Betreiberkonzeptes muss nicht für die gesamte Lebensdauer eines Wasserwiederverwendungssystems unverändert bleiben. Gerade bei innovativen Anwendungen kann es sinnvoll sein, die technische und organisatorische Struktur schrittweise zu entwickeln. Zu Beginn eines Vorhabens bestehen häufig noch Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlich verfügbaren Abwassermengen, des Wasserbedarfs, der langfristigen Nutzungsmöglichkeiten, des betrieblichen Aufwandes und der Anforderungen, die sich aus der konkreten Zulassung ergeben. Eine sofortige Festlegung auf eine dauerhaft installierte Anlage und eine langfristige Betreiberstruktur kann unter diesen Voraussetzungen eine unnötig hohe Bindung erzeugen.

Stattdessen kann ein stufenweises Vorgehen gewählt werden, bei dem technische Lösung und Betreiberkonzept mit zunehmender Projektreife weiterentwickelt werden. Die im Rahmen von ReWaterCity erarbeiteten Überlegungen unterscheiden entsprechend zwischen Pilot- und Evaluierungsphase, befristetem Probetrieb und Dauerbetrieb und halten ausdrücklich fest, dass sich das Betreiberkonzept an der jeweiligen Projektphase orientieren sollte.

Damit entsteht ein dynamisches Verständnis von Betreibermodellen. Die Frage lautet nicht nur, welches Modell grundsätzlich zu einem Standort passt, sondern auch, welches Modell zu welchem Zeitpunkt der Projektentwicklung zweckmäßig ist.

7.1 Projektinitiierung und Vorbereitung

Noch bevor eine Anlage errichtet oder ein konkreter Betreiber ausgewählt wird, beginnt die Entwicklung eines Wasserwiederverwendungsprojektes mit der Zusammenführung verschiedener Interessen und Fachgebiete. Ein potenzieller Wassernutzer verfügt möglicherweise über einen geeigneten Standort und einen relevanten Wasserbedarf, besitzt jedoch keine Erfahrung mit dezentraler Abwasseraufbereitung. Ein Anlagenhersteller kennt dagegen die technischen Möglichkeiten, während weitere Akteure Anforderungen an Infrastruktur, Grundstücksnutzung oder den späteren Betrieb einbringen.

In dieser frühen Phase kommt dem Projektinitiator beziehungsweise Projektbegleiter eine besondere Bedeutung zu. Seine Aufgabe besteht zunächst darin, aus einer möglichen Anwendung ein strukturiertes Projekt zu entwickeln. Dazu gehört, die relevanten Akteure zusammenzuführen, Anforderungen zu erfassen, Interessen abzugleichen und gemeinsam eine grundsätzlich geeignete technische und organisatorische Konstellation zu entwickeln.

Diese Rolle muss nicht mit dem späteren Betreiber identisch sein. Gerade eine unabhängige Begleitung kann von Vorteil sein, wenn unterschiedliche Betreiberoptionen ergebnisoffen miteinander verglichen werden sollen. Der Projektbegleiter kann beispielsweise moderieren, ob ein Eigenbetrieb sinnvoll erscheint, welche Aufgaben extern vergeben werden sollten oder ob ein umfassenderes Dienstleistungs- oder Contractingmodell besser zu den Möglichkeiten des Nutzers passt.

Damit erhält die Entwicklung des Betreibermodells einen eigenen Stellenwert innerhalb der Projektvorbereitung. Sie sollte nicht erst erfolgen, nachdem technische Planung und Investitionsentscheidung bereits weitgehend abgeschlossen sind. Betreiberstruktur, technische Ausgestaltung und Projektorganisation beeinflussen sich gegenseitig und sollten deshalb möglichst früh gemeinsam entwickelt werden.

Die Durchführung des Pilotprojektes ReWaterCity trug wesentlich dazu bei, für diese Aufgabe praktische Erfahrungen aufzubauen. Neben technischem Wissen entstanden Kenntnisse über das Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure, die Anforderungen an Projektorganisation und Monitoring sowie die Fragestellungen, die bei der Entwicklung eines geeigneten Betreiberkonzeptes zu berücksichtigen sind. Diese Erfahrungen können bei zukünftigen Projekten genutzt werden, um potenzielle Anwender von der ersten Projektidee über die Auswahl eines Betreiberkonzeptes bis zur Vorbereitung der Umsetzung zu begleiten.

7.2 Pilot- und Evaluierungsphase

Insbesondere bei einem neuen Standort kann eine Pilot- oder Evaluierungsphase sinnvoll sein, bevor eine langfristige Investitionsentscheidung getroffen wird. Ziel dieser Phase ist es, wesentliche Annahmen unter realen Bedingungen zu überprüfen. Dazu können die tatsächlich verfügbaren Abwassermengen, die erreichbare Aufbereitungsqualität, der reale Wasserbedarf, der technische Betriebsaufwand und die Eignung des vorgesehenen Nutzungspfades gehören. Es ist aber auch möglich, dass durch die zuständige Zulassungsbehörde eine dauerhafte Genehmigung mit einem zuvor durchzuführenden Testbetrieb bzw. einer Evaluierungsphase verbunden wird.

Mobile und transportable Anlagen besitzen für diese Phase einen besonderen Vorteil. Sie ermöglichen einen zeitlich begrenzten Betrieb, ohne dass bereits zu Beginn sämtliche Bestandteile einer späteren stationären Anlage dauerhaft errichtet werden müssen. In den ReWaterCity-Projektergebnissen wird die mobile Anlage ausdrücklich als Instrument beschrieben, mit dem unter realen Standortbedingungen Kenndaten zu Mengen, Qualität, Betrieb, Aufwand und Realisierbarkeit gewonnen werden können.

Die Betreiberstruktur einer solchen Pilotphase kann bewusst einfach gehalten werden. Anstatt dass der zukünftige Nutzer bereits eine eigene technische Betriebsorganisation aufbaut, kann ein spezialisierter Anbieter einen großen Teil der Aufgaben übernehmen. Hier gewinnt insbesondere der Hersteller der Aufbereitungsanlage eine weitergehende Bedeutung.

Der Hersteller kann wesentlich mehr sein als Lieferant der Technik. Aufgrund seiner Anlagenkenntnis kann er bereits bei Konzeption und Planung eingebunden werden, die technische Auslegung unterstützen und die Installation und Inbetriebnahme übernehmen. Abhängig vom angebotenen Leistungsspektrum kann er außerdem bei der Vorbereitung des Genehmigungsprozesses fachlich unterstützen und die hierfür erforderlichen technischen Unterlagen und Nachweise bereitstellen. Im späteren Betrieb kann er Wartungs-, Service- und Überwachungsleistungen übernehmen.

Bei mobilen Anlagen kommt eine weitere Möglichkeit hinzu: Die Anlage muss nicht zwingend in das Eigentum des Nutzers übergehen. Sie kann im Eigentum des Herstellers oder eines spezialisierten Anlagenanbieters verbleiben und für einen definierten Zeitraum zur Verfügung gestellt werden. Dadurch lassen sich technisches Eigentum, Wartung und Anlagenbetrieb bei einem Akteur bündeln, der die eingesetzte Technik besonders gut kennt.

Ein solches Modell reduziert für den Nutzer die Notwendigkeit, bereits während einer Erprobungsphase langfristig Kapital zu binden oder eigenes technisches Know-how aufzubauen. Gleichzeitig entsteht für den Anlagenanbieter die Möglichkeit, mobile Systeme nacheinander an unterschiedlichen Standorten einzusetzen. Das Betreiber- und das Finanzierungsmodell greifen hierbei eng ineinander, ohne identisch zu sein: Die zeitweise Bereitstellung einer Anlage kann beispielsweise mit Miete, einem Dienstleistungsentgelt oder einem umfassenderen Contractingansatz verbunden werden.

7.3 Befristeter Betrieb als Übergangsphase

Zwischen einer kurzen technischen Erprobung und einem dauerhaften Regelbetrieb kann eine längere Evaluierungsphase liegen. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn eine Nutzung zunächst nur für einen begrenzten Zeitraum zugelassen wird oder über einen längeren Zeitraum Erkenntnisse aus Betrieb und Monitoring gewonnen werden sollen.

Eine solche Phase stellt besondere Anforderungen an das Betreiberkonzept. Einerseits muss die Anlage bereits zuverlässig und professionell betrieben werden. Andererseits besteht möglicherweise noch keine ausreichende Planungssicherheit für eine langfristige Investition in eine standortspezifische stationäre Infrastruktur.

Hier können flexible Betreiberkonzepte ihre Stärke ausspielen. Eine mobile oder transportable Anlage kann über einen längeren Zeitraum am Standort verbleiben, während ein spezialisierter Anbieter den technischen Betrieb und die Wartung übernimmt. Je nach Aufgabenverteilung können zusätzlich Überwachungs-, Dokumentations- oder Koordinationsleistungen einbezogen werden.

Der Hersteller kann sich in dieser Phase vom Anlagenlieferanten zunehmend zum System- und Betriebsdienstleister entwickeln. Übernimmt er neben der Bereitstellung der Technik auch Wartung, Betriebsführung und weitere langfristige Leistungen, nähert sich seine Rolle einem Contractingmodell an. Bei entsprechender vertraglicher Gestaltung kann er schließlich selbst als Contractor auftreten und dem Nutzer nicht mehr primär eine Anlage, sondern eine definierte Leistung zur Verfügung stellen.

Eine solche Bündelung kann Schnittstellen reduzieren. Gleichzeitig sollte darauf geachtet werden, dass Aufgaben und Verantwortlichkeiten weiterhin transparent bleiben. Insbesondere bei der Überwachung der Wasserqualität oder der Erfüllung von Genehmigungsbedingungen kann es sinnvoll sein, festzulegen, welche

Leistungen durch den technischen Betreiber erbracht und welche durch unabhängige Fachstellen oder andere Beteiligte wahrgenommen werden.

Während einer längeren Evaluierungsphase kann außerdem bereits untersucht werden, welche Betreiberstruktur für einen späteren Dauerbetrieb geeignet wäre. Die Phase dient damit nicht nur der technischen Bewertung der Anlage, sondern auch der praktischen Erprobung organisatorischer Abläufe.

7.4 Übergang zum dauerhaften Betrieb

Ergibt sich aus der Evaluierungsphase eine langfristige Nutzungsperspektive, kann der Übergang zu einer dauerhaft installierten Lösung sinnvoll werden. Dieser Schritt sollte nicht lediglich als Austausch einer mobilen gegen eine größere stationäre Anlage verstanden werden. Vielmehr bietet er die Gelegenheit, das gesamte Betreiberkonzept auf Grundlage der inzwischen gewonnenen Erfahrungen neu zu bewerten.

Eine mobile Anlage ist häufig auf Flexibilität und schnelle Einsatzfähigkeit ausgerichtet. Eine stationäre Anlage kann dagegen stärker auf die tatsächlichen Mengen, Nutzungsprofile und räumlichen Bedingungen des konkreten Standortes optimiert werden. Speicher, Leitungsnetze, Aufbereitung und Verteilung können dauerhaft integriert und gegebenenfalls für mehrere Anwendungen ausgelegt werden.

Mit dieser technischen Verstetigung kann sich auch die wirtschaftlich sinnvolle Aufgabenverteilung verändern. Ein Nutzer, der während der Pilotphase bewusst keine eigene Anlage erwerben wollte, kann sich nach erfolgreicher Evaluierung für eine Investition entscheiden. Der bisherige Anlagenanbieter kann anschließend weiterhin Wartung und technischen Service übernehmen. Ebenso kann das während der Pilotphase bewährte Dienstleistungsmodell fortgeführt und in ein langfristiges Contracting überführt werden.

Auch andere Betreiberformen können erst in dieser Phase interessant werden. Sind beispielsweise mehrere Abnehmer hinzugekommen, kann aus einer ursprünglich bilateralen Beziehung zwischen Anlagenanbieter und Nutzer ein Kooperationsmodell entstehen. Bei größeren Projekten kann eine eigenständige Betreiberorganisation oder Projektgesellschaft zweckmäßig werden.

Der Übergang in den Dauerbetrieb ist deshalb ein geeigneter Zeitpunkt für eine erneute strukturierte Entscheidung. Die während der Pilotphase gewählte Lösung sollte nicht allein deshalb fortgeführt werden, weil sie bereits besteht. Vielmehr sollte geprüft werden, ob sie auch unter den veränderten Voraussetzungen des langfristigen Betriebs weiterhin die beste Aufgaben- und Risikoverteilung bietet.

7.5 Hersteller als langfristiger Partner im Betreiberkonzept

Die verschiedenen Projektphasen verdeutlichen die besondere Stellung des Anlagenherstellers. Sein möglicher Beitrag beschränkt sich nicht auf Herstellung und Verkauf der technischen Anlage. Gerade bei

spezialisierten dezentralen Wasserwiederverwendungssystemen verfügt er über Wissen, das in mehreren Projektphasen genutzt werden kann.

In der Projektentwicklung kann er technische Varianten bewerten und Daten für Planung und Genehmigungsunterlagen bereitstellen bzw. den gesamten Genehmigungsprozess begleiten oder durchführen. Bei der Umsetzung kann er Installation, Inbetriebnahme und Einweisung übernehmen. Während des Betriebs kann er Wartung, Ersatzteilversorgung, Fernüberwachung, Optimierung und Störungsbehebung anbieten. Bei mobilen Anlagen kann er zusätzlich Eigentümer der eingesetzten Technik bleiben und diese zeitweise bereitstellen. Werden diese Leistungen zu einem umfassenden Angebot zusammengeführt, kann der Hersteller schließlich selbst die Rolle eines Betreibers oder Contractors übernehmen.

Diese Entwicklung bietet insbesondere für Nutzer ohne eigene abwassertechnische Betriebsorganisation interessante Möglichkeiten. Sie erhalten technische Planung, Anlage und Betrieb gegebenenfalls aus einer Hand und reduzieren damit die Zahl der Schnittstellen.

Gleichzeitig sollte eine solche Bündelung nicht automatisch als optimale Lösung betrachtet werden. Mit zunehmender Aufgabenübertragung wächst auch die Abhängigkeit von einem einzelnen Anbieter. Bei langfristigen Betreiberkonzepten sollten deshalb unter anderem die Verfügbarkeit von Ersatzteilen und Service, Regelungen für einen Betreiberwechsel sowie der Zugang zu technischen und betrieblichen Informationen berücksichtigt werden.

Der Hersteller ist damit kein fest definierter Akteur mit einer einzigen Rolle. Abhängig vom gewählten Modell kann seine Beteiligung vom reinen Anlagenlieferanten bis zum langfristig verantwortlichen Systembetreiber reichen.

7.6 Projektbegleitung und Moderation als eigenständige Funktion

Neben dem technischen Anlagenanbieter kann eine zweite Rolle für die Entwicklung zukünftiger Projekte von besonderer Bedeutung sein: die unabhängige Projektbegleitung.

Mit zunehmender Komplexität eines Vorhabens treffen unterschiedliche Interessen aufeinander. Der Wassernutzer betrachtet insbesondere Versorgung, Kosten und betrieblichen Nutzen. Der Anlagenanbieter bringt technische Möglichkeiten ein. Grundstückseigentümer, Infrastrukturbetreiber und weitere Beteiligte verfolgen jeweils eigene Anforderungen. Gleichzeitig müssen ein geeignetes Betreiber- und Finanzierungsmodell sowie eine langfristig tragfähige Aufgabenverteilung gefunden werden.

Eine projektbegleitende Stelle kann diese Perspektiven zusammenführen, ohne selbst sämtliche operativen Aufgaben übernehmen zu müssen. Ihre Leistung besteht vor allem in der Strukturierung des

Gesamtvorhabens, der Moderation zwischen den Beteiligten und der Unterstützung bei der Entwicklung einer geeigneten Betreiberorganisation.

Gerade bei der Auswahl eines Betreibermodells kann eine solche neutrale Perspektive hilfreich sein. Ein Anlagenhersteller wird naturgemäß besonders gut beurteilen können, welche technischen und betrieblichen Leistungen er selbst anbieten kann. Der zukünftige Nutzer kennt dagegen seine internen Möglichkeiten und wirtschaftlichen Ziele. Eine unabhängige Begleitung kann verschiedene Varianten gegenüberstellen und gemeinsam mit den Beteiligten eine Aufgabenverteilung entwickeln, die nicht von vornherein auf ein bestimmtes Geschäftsmodell festgelegt ist.

Die im Rahmen von ReWaterCity gewonnenen Erfahrungen schaffen hierfür eine wertvolle Grundlage. Das Projekt verbindet technische Wasserwiederverwendung mit Fragestellungen zu Nutzung, Monitoring, Wirtschaftlichkeit, Betreiberorganisation und Übertragbarkeit. Damit wurde nicht nur Wissen über eine einzelne Pilotanlage aufgebaut, sondern auch Erfahrung mit den Schnittstellen zwischen Technik, Nutzeranforderungen und organisatorischer Umsetzung.

Für zukünftige Projekte ergibt sich daraus die Möglichkeit einer arbeitsteiligen Struktur: Ein technisch spezialisierter Partner kann Planung, Anlagenbereitstellung, Service und gegebenenfalls den Betrieb bis hin zum Contracting übernehmen. Ein projektbegleitender Partner kann parallel die Standort- und Nutzeranalyse, Moderation der Beteiligten, Entwicklung und Bewertung von Betreiberoptionen sowie die organisatorische Vorbereitung der Umsetzung unterstützen. Beide Funktionen ergänzen sich, ohne dass sie zwingend von derselben Organisation übernommen werden müssen.

7.7 Betreiberkonzepte als entwicklungsfähige Struktur

Die Betrachtung der verschiedenen Projektphasen zeigt, dass ein Betreiberkonzept nicht als statische Festlegung verstanden werden sollte. Eine zunächst einfache Struktur kann bewusst gewählt werden, um einen neuen Standort mit begrenztem Aufwand zu erproben. Mit zunehmender Erfahrung und Planungssicherheit kann daraus eine langfristige Betreiberorganisation entstehen.

Ein möglicher Entwicklungspfad führt beispielsweise von einer mobilen Anlage im Eigentum eines spezialisierten Anbieters über einen befristeten Dienstleistungsbetrieb zu einer dauerhaft installierten Anlage im Eigentum des Nutzers mit externem Wartungs- und Servicevertrag. Ebenso kann sich aus einer zunächst einzelnen Nutzung ein lokales Versorgungssystem mit mehreren Abnehmern und einer eigenständigen Betreiberorganisation entwickeln.

Diese Entwicklungsfähigkeit ist eine wesentliche Stärke dezentraler Wasserwiederverwendung. Technische und organisatorische Entscheidungen müssen nicht vollständig vorweggenommen werden, sondern können entsprechend der Projektreife getroffen werden. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass bereits in frühen Phasen berücksichtigt wird, welche späteren Entwicklungsmöglichkeiten offenbleiben sollen.

Damit bildet der zeitliche Projektverlauf eine zusätzliche Dimension bei der Auswahl eines Betreiberkonzeptes. Neben Nutzerstruktur, technischen Anforderungen, Wirtschaftlichkeit und Risikoverteilung ist zu berücksichtigen, in welcher Entwicklungsphase sich ein Vorhaben befindet und welche langfristige Perspektive angestrebt wird.

Im folgenden Kapitel werden die beschriebenen Betreibermodelle deshalb vergleichend betrachtet. Ziel ist es, ihre jeweiligen Stärken und Einschränkungen gegenüberzustellen und daraus eine Grundlage für die Auswahl eines geeigneten Betreiberkonzeptes abzuleiten.

8 Vergleich und Auswahl geeigneter Betreibermodelle

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Betreibermodelle stellen unterschiedliche Möglichkeiten dar, eine dezentrale Wasserwiederverwendung organisatorisch umzusetzen. Keines dieser Modelle ist grundsätzlich besser oder schlechter als die anderen. Ihre Eignung hängt vielmehr davon ab, welche Ausgangssituation an einem konkreten Standort besteht und welche Ziele die beteiligten Akteure verfolgen.

Für die Auswahl sollte daher nicht versucht werden, ein allgemeingültiges Standardmodell zu definieren. Sinnvoller ist ein strukturierter Entscheidungsprozess, bei dem zunächst die wesentlichen Eigenschaften des geplanten Vorhabens betrachtet und anschließend die dazu passenden Betreiberoptionen eingegrenzt werden. Die im Rahmen von ReWaterCity entwickelte Betrachtung folgt diesem Ansatz und stellt die Wahl des Betreiberkonzeptes in Zusammenhang mit Ausgangslage, vorhandenen Kompetenzen und Risikobereitschaft.

Dabei muss die Entscheidung nicht zwangsläufig zwischen den in Kapitel 6 beschriebenen Grundmodellen getroffen werden. Häufig wird sich erst während der Projektentwicklung zeigen, dass eine Kombination verschiedener Elemente am besten geeignet ist.

8.1 Ausgangspunkt ist die Struktur des Standortes

Ein wesentliches Auswahlkriterium ist zunächst die Frage, wie viele Akteure auf der Angebots- und Nutzungsseite beteiligt sind. Besonders übersichtlich ist die Situation, wenn Abwasserquelle, Anlagenstandort und Wasserbedarf einer einzigen Organisation zugeordnet werden können. Ein Unternehmen, eine öffentliche Einrichtung oder ein anderer größerer Liegenschaftsbetreiber kann beispielsweise eigenes Abwasser auf dem eigenen Gelände aufbereiten und das erzeugte Wasser wiederum für eigene Zwecke einsetzen.

In einer solchen Konstellation bestehen vergleichsweise wenige organisatorische Schnittstellen. Der Nutzer kann entscheiden, ob er die Anlage vollständig selbst betreibt oder einzelne Aufgaben an externe Partner überträgt. Eigenbetrieb und Betreibervertrag sind deshalb naheliegende Ausgangsmodelle. Ein Contractingmodell kann dennoch sinnvoll sein, wenn Investition und technischer Betrieb möglichst weitgehend ausgelagert werden sollen.

Anders stellt sich die Situation dar, wenn mehrere Nutzer beteiligt sind. Dies kann beispielsweise in einem Quartier, einem Gewerbegebiet oder bei mehreren benachbarten öffentlichen und privaten Liegenschaften der Fall sein. Hier reicht eine rein interne Betreiberorganisation eines einzelnen Nutzers häufig nicht mehr aus. Es muss eine Struktur geschaffen werden, die gemeinsame Interessen abbildet und gleichzeitig verbindliche Entscheidungen ermöglicht.

Kommunale Betreiber, Kooperationen, Genossenschaften, gemeinsame Projekt- oder Betreibergesellschaften können für solche Konstellationen grundsätzlich geeignete Organisationsformen darstellen. Auch ein

unabhängiger externer Betreiber kann die Aufgabe übernehmen, eine gemeinsame Anlage zu betreiben und mehrere Nutzer zu versorgen.

Noch anspruchsvoller wird die organisatorische Gestaltung, wenn Abwasserquelle und Wassernutzer unterschiedlichen Akteuren zugeordnet sind. Dann entsteht zwischen Quelle, Aufbereitung und Nutzung eine Leistungskette. Für die Auswahl des Betreiberkonzeptes muss geklärt werden, welcher Akteur die verbindende Funktion übernimmt. Dies kann ein beteiligter Nutzer, ein kommunales Unternehmen, eine gemeinsame Organisation oder ein spezialisierter Betreiber sein.

Die Zahl der beteiligten Akteure ist damit ein guter erster Indikator für die notwendige Komplexität des Betreiberkonzeptes. Sie sollte jedoch nicht isoliert betrachtet werden. Ebenso wichtig ist, welche Kompetenzen und Interessen diese Akteure mitbringen.

8.2 Vorhandene Kompetenzen als Entscheidungskriterium

Ein zweites wesentliches Auswahlkriterium ist die Frage, welche Aufgaben ein zukünftiger Nutzer oder Eigentümer tatsächlich selbst übernehmen kann und möchte.

Ein Unternehmen mit eigener technischer Betriebsabteilung verfügt über andere Voraussetzungen als beispielsweise ein Hotel, eine Wohnungsbaugesellschaft oder eine kleinere Kommune ohne spezialisiertes Personal für Abwasseraufbereitung. Ein Eigenbetrieb kann deshalb bei zwei technisch vergleichbaren Anlagen an einem Standort sehr gut und am anderen wenig sinnvoll sein.

Dabei sollte nicht allein betrachtet werden, ob grundsätzlich technisches Personal vorhanden ist. Entscheidend ist, ob die erforderlichen Kompetenzen dauerhaft verfügbar sind und ob die zusätzlichen Aufgaben sinnvoll in bestehende Betriebsprozesse integriert werden können.

Fehlen einzelne Spezialkenntnisse, muss daraus nicht unmittelbar die Entscheidung gegen einen Eigenbetrieb folgen. Wartung, Analytik, Fernüberwachung oder bestimmte technische Leistungen können gezielt extern vergeben werden. Ein Betreibervertrag kann entsprechend so gestaltet werden, dass nur diejenigen Aufgaben übertragen werden, für die beim Nutzer keine eigenen Ressourcen vorhanden sind.

Der Anlagenhersteller kann hierbei eine wichtige Rolle übernehmen. Seine Beteiligung kann von der technischen Beratung und Anlagenplanung über Inbetriebnahme und Schulung bis zu Wartung, Fernüberwachung und vollständiger Betriebsführung reichen. Gerade bei spezialisierten Anlagen kann es zweckmäßig sein, einen Teil dieser Leistungen dauerhaft beim Hersteller oder einem von ihm eingebundenen Servicedienstleister zu belassen.

Soll der Nutzer dagegen möglichst vollständig von technischen Betreiberaufgaben entlastet werden, können umfassendere Betreiber- oder Contractingmodelle geeigneter sein. Der Unterschied liegt dann nicht nur im Umfang der vergebenen Leistungen, sondern in der grundsätzlichen Entscheidung, ob der Nutzer selbst Betreiberkompetenz aufbauen möchte oder eine definierte Leistung von einem spezialisierten Partner beziehen will.

8.3 Bedeutung der Investitionsbereitschaft

Neben den betrieblichen Kompetenzen beeinflusst die Bereitschaft zur eigenen Investition die Auswahl erheblich. Dabei ist weiterhin zwischen Betreiber- und Finanzierungsmodell zu unterscheiden. Dennoch besteht zwischen beiden eine enge Verbindung.

Ist ein Nutzer bereit, langfristig in eine eigene Anlage zu investieren, eröffnen sich insbesondere Eigenbetrieb und Betreibervertrag. Die Anlage kann erworben und anschließend entweder mit eigenem Personal oder durch einen externen Dienstleister betrieben werden.

Soll dagegen zunächst keine größere eigene Investition erfolgen, können Modelle interessant werden, bei denen die Anlage im Eigentum eines anderen Akteurs verbleibt. Dies gilt besonders während einer Pilot- oder Evaluierungsphase. Eine mobile Anlage kann beispielsweise durch einen Hersteller oder spezialisierten Anbieter bereitgestellt werden, während der Nutzer für die zeitlich begrenzte Nutzung beziehungsweise die erbrachte Dienstleistung zahlt.

Bei langfristigen Projekten kann ein Contractingmodell diese Grundidee weiterführen. Der Contractor übernimmt Investition und Betrieb und refinanziert diese Leistungen über die Vertragslaufzeit.

Die Entscheidung gegen eine eigene Anfangsinvestition bedeutet allerdings nicht, dass dadurch die langfristigen Kosten zwangsläufig niedriger sind. Vielmehr wird die wirtschaftliche Belastung anders verteilt und ein Teil des Investitions- und Betriebsrisikos auf einen externen Partner übertragen.

Fördermittel können unabhängig davon unterschiedliche Modelle unterstützen. Sie verändern insbesondere die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einer Investition, bilden aber kein eigenes Betreiberkonzept.

8.4 Ein oder mehrere Nutzungspfade

Auch die Struktur der Wassernutzung beeinflusst die Auswahl. Eine Anlage mit einem einzigen eindeutig definierten Abnehmer und Nutzungspfad lässt sich organisatorisch einfacher betreiben als ein System mit mehreren Anwendungen und Abnehmern.

Bei einer einzelnen betrieblichen Nutzung kann die Verantwortungsgrenze beispielsweise an einem klar definierten Übergabepunkt festgelegt werden. Bei mehreren Anwendungen muss dagegen berücksichtigt werden, ob für diese unterschiedliche Anforderungen gelten und wie sichergestellt wird, dass das aufbereitete Wasser ausschließlich im jeweils vorgesehenen und zugelassenen Rahmen verwendet wird.

Besonders relevant wird dies bei Systemen, in denen das Wasser an mehrere, organisatorisch unabhängige Nutzer abgegeben wird. Dann reicht die reine Sicherstellung der Wasserqualität am Ausgang der Aufbereitungsanlage unter Umständen nicht aus. Auch der weitere Verteilungs- und Nutzungspfad muss entsprechend den für das konkrete Vorhaben geltenden Bedingungen organisatorisch beherrscht werden.

Damit kann die Komplexität der Nutzungsseite ein Argument für einen zentral verantwortlichen Betreiber sein. Dieser kann die Wasserbereitstellung, Verteilung und die Schnittstellen zu den einzelnen Abnehmern koordinieren. Bei einer gemeinschaftlichen Organisation müssen diese Aufgaben dagegen innerhalb der Kooperation verbindlich geregelt werden.

Die Erweiterung um zusätzliche Nutzungspfade sollte deshalb nicht nur unter dem Gesichtspunkt einer besseren Anlagenauslastung betrachtet werden. Sie kann zugleich die Betreiberorganisation komplexer machen.

8.5 Einfluss der Genehmigungsbedingungen auf die Modellwahl

Ein wesentliches Auswahlkriterium sind die konkreten Bedingungen, unter denen die geplante Wasserwiederverwendung zugelassen werden kann. Diese können den erforderlichen Betriebsaufwand erheblich beeinflussen.

Sind beispielsweise regelmäßige Probenahmen, umfangreiche Dokumentationen, technische Kontrollmaßnahmen oder definierte Reaktionen bei Qualitätsabweichungen erforderlich, muss das Betreiberkonzept entsprechende personelle und organisatorische Kapazitäten bereitstellen.

Je höher diese Anforderungen sind, desto stärker spricht dies grundsätzlich für eine professionelle Betriebsorganisation. Das bedeutet nicht zwangsläufig, dass ein externer Betreiber erforderlich ist. Ein größerer Nutzer mit eigener geeigneter Betriebsorganisation kann diese Aufgaben ebenso übernehmen. Für einen Nutzer ohne entsprechende Kompetenzen kann dagegen ein spezialisierter Dienstleister deutlich zweckmäßiger sein.

Von besonderer Bedeutung ist die Dauer der Nutzungsperspektive. Wird eine Nutzung zunächst nur zeitlich befristet zugelassen, kann ein flexibles Betreiberkonzept vorteilhaft sein. Eine mobile oder transportable Anlage im Eigentum eines spezialisierten Anbieters ermöglicht beispielsweise einen professionellen Betrieb, ohne bereits die Betreiber- und Eigentumsstruktur einer späteren Dauerlösung vorwegzunehmen.

Werden im Verlauf dieser Phase umfangreiche Monitoring- und Dokumentationsaufgaben verlangt, kann auch dies für eine stärkere Einbindung spezialisierter Partner sprechen. Hersteller, technischer Betreiber, Labor und fachliche Projektbegleitung können dabei unterschiedliche Funktionen übernehmen.

Erst wenn eine langfristige Nutzungsperspektive besteht, kann entschieden werden, ob diese Struktur dauerhaft beibehalten oder durch ein anderes Betreiberkonzept ersetzt werden soll.

8.6 Bedeutung der Projektgröße

Die Größe eines Vorhabens beeinflusst nicht nur die technische Anlage, sondern auch die wirtschaftlich vertretbare Betreiberorganisation.

Bei einer kleinen Einzelanlage wäre die Gründung einer eigenständigen Betreibergesellschaft in der Regel kaum zu rechtfertigen. Ein einfacher Eigenbetrieb mit Wartungsvertrag oder eine weitgehend durch den Anlagenanbieter betreute Lösung kann hier wesentlich effizienter sein.

Mit zunehmender Größe können dagegen Organisationsformen sinnvoll werden, die bei kleineren Projekten einen unverhältnismäßig hohen Aufwand verursachen würden. Dies betrifft insbesondere gemeinsame Betreibergesellschaften, Genossenschaften oder andere kooperative Strukturen.

Dabei sollte die Größe nicht ausschließlich anhand der Einwohnerwerte oder der Anlagenleistung bewertet werden. Auch die Zahl der Beteiligten, die räumliche Ausdehnung des Systems, die Zahl der Nutzungspfade und der Umfang der notwendigen Infrastruktur bestimmen die organisatorische Größe eines Projektes.

Ein technisch vergleichsweise kleines System mit zahlreichen unabhängigen Nutzern kann organisatorisch komplexer sein als eine deutlich größere Anlage innerhalb eines einzelnen Industrieunternehmens.

8.7 Auswahl über ein stufenweises Vorgehen

Aus den beschriebenen Kriterien lässt sich ein pragmatisches Vorgehen für die Entwicklung eines Betreiberkonzeptes ableiten. Ausgangspunkt sollte zunächst die konkrete Projektkonstellation sein. Dabei werden Abwasserquelle, Nutzer, Standort, geplante Nutzung und langfristige Entwicklungsperspektive betrachtet.

Im nächsten Schritt wird geprüft, welche Kompetenzen und Ressourcen bei den beteiligten Akteuren bereits vorhanden sind. Daraus lässt sich ableiten, welche Aufgaben intern übernommen werden können und welche Leistungen extern bereitgestellt werden müssen.

Erst anschließend sollte betrachtet werden, welche der beschriebenen Grundformen diese Aufgabenverteilung am besten abbildet. Dadurch wird vermieden, dass zunächst beispielsweise die Entscheidung für „Contracting“ oder „Eigenbetrieb“ getroffen und anschließend versucht wird, sämtliche Anforderungen in dieses bereits gewählte Modell einzupassen.

Eine fachliche Projektbegleitung kann diesen Prozess unterstützen. Sie kann insbesondere dann sinnvoll sein, wenn mehrere Akteure beteiligt sind oder wenn auf Seiten des zukünftigen Nutzers noch wenig Erfahrung mit Wasserwiederverwendung besteht. Die Aufgabe besteht dabei nicht darin, ein bestimmtes Modell vorzugeben, sondern unterschiedliche Varianten strukturiert gegenüberzustellen und gemeinsam mit den Beteiligten eine geeignete Aufgabenverteilung zu entwickeln.

Die Erfahrungen aus ReWaterCity können hierfür als Grundlage genutzt werden. Im Projekt wurden neben technischen Fragestellungen unterschiedliche Nutzergruppen und Anwendungsfälle, Anforderungen an Monitoring und Betrieb sowie mögliche Betreiberstrukturen betrachtet. Darüber hinaus konnten aus den unterschiedlichen standortbezogenen Rahmenbedingungen Erfahrungen für die Konzeption zukünftiger Projekte gewonnen werden. Daraus ergibt sich eine Wissensbasis, die für die Konzeption weiterer Projekte genutzt werden kann.

Auch der Anlagenhersteller sollte frühzeitig einbezogen werden. Er kann beurteilen, welche technischen Varianten für den Standort geeignet sind und welche Leistungen er über die reine Anlagenlieferung hinaus übernehmen kann. Dadurch lässt sich bereits während der Konzeptentwicklung erkennen, welche Betreiberoptionen praktisch verfügbar sind.

Projektbegleitung und Anlagenanbieter erfüllen dabei unterschiedliche, aber sich ergänzende Funktionen: Die Projektbegleitung unterstützt bei der übergeordneten Strukturierung und der Auswahl des Betreiberkonzeptes, während der technische Anbieter konkrete Aussagen zur Anlage und zu den von ihm übernehmbaren Leistungen treffen kann.

8.8 Typische Konstellationen als Orientierung

Aus den bisherigen Betrachtungen lassen sich einige typische Konstellationen ableiten, ohne daraus feste Zuordnungsregeln zu machen.

Bei einem einzelnen größeren Nutzer mit eigener technischer Kompetenz kann ein Eigenbetrieb mit ergänzenden Wartungs- und Serviceleistungen zweckmäßig sein. Fehlt die technische Betriebskompetenz, während Eigentum und Investition beim Nutzer verbleiben sollen, bietet sich eher ein Betreibervertrag an.

Soll der Nutzer weder selbst investieren noch technische Betriebsverantwortung übernehmen, kann ein Contractingmodell interessant werden. Ein Anlagenhersteller kann dabei – sofern sein Leistungsangebot entsprechend ausgerichtet ist – selbst zum Contractor werden und Planung, Anlage, Betrieb und Service zu einem Gesamtangebot verbinden.

Bei mehreren lokalen Nutzern können kommunale oder kooperative Modelle an Bedeutung gewinnen. Je nach Größe und Dauerhaftigkeit des Vorhabens können dafür eine kommunale Organisation, eine Genossenschaft, eine gemeinsame Betreibergesellschaft oder andere Formen der Zusammenarbeit gewählt werden.

Für eine zeitlich begrenzte Pilot- oder Evaluierungsphase spricht dagegen vieles für eine möglichst flexible Struktur. Eine mobile Anlage, die durch einen spezialisierten Anbieter bereitgestellt und betrieben wird, ermöglicht es, technische und organisatorische Erfahrungen zu sammeln, ohne bereits die spätere Dauerlösung festzulegen.

Diese Beispiele zeigen, dass die Wahl des Betreiberkonzeptes letztlich aus mehreren Entscheidungen besteht. Zu klären ist, wer investieren möchte, wer Eigentümer sein soll, welche Kompetenzen vorhanden sind, wie viel Verantwortung der Nutzer selbst übernehmen möchte, wie viele Akteure beteiligt sind und welche Anforderungen während des Betriebs erfüllt werden müssen.

Das Ergebnis muss deshalb nicht zwangsläufig einem der beschriebenen Grundmodelle vollständig entsprechen. Gerade bei dezentraler Wasserwiederverwendung können individuell zusammengesetzte Modelle besonders sinnvoll sein.

8.9 Vom Betreibermodell zum konkreten Betreiberkonzept

Die eigentliche Auswahl endet nicht mit der Entscheidung für eine Modellbezeichnung. „Eigenbetrieb“, „Betreibervertrag“ oder „Contracting“ beschreiben zunächst nur eine grundsätzliche Richtung. Für die praktische Umsetzung muss daraus ein konkretes, individuelles Betreiberkonzept entwickelt werden.

Dieses legt fest, welche Aufgaben tatsächlich von welchem Akteur übernommen werden, wo Verantwortungsgrenzen liegen und welche Leistungen vertraglich vereinbart werden. Ebenso müssen Schnittstellen, Informationswege und Entscheidungsbefugnisse definiert werden.

Bei einem Betreibervertrag ist beispielsweise zu bestimmen, ob der Dienstleister lediglich Wartungsleistungen übernimmt oder den vollständigen technischen Betrieb. Bei einem Contractingmodell muss geklärt werden, welche Infrastruktur zum Leistungsumfang des Contractors gehört und an welchem Punkt die Verantwortung an den Nutzer übergeht. Bei einer Kooperation ist festzulegen, welche

Entscheidungen gemeinschaftlich getroffen werden und welche Aufgaben an einzelne Partner übertragen werden.

Erst diese Konkretisierung macht aus einem abstrakten Betreibermodell eine tatsächlich umsetzbare Betreiberstruktur.

Die Auswahl sollte deshalb als Entwicklungsprozess verstanden werden. Sie beginnt mit der Analyse des Standortes und endet mit einer klaren Zuordnung von Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Schnittstellen. Dabei können Projektbegleiter und technische Anlagenanbieter wesentliche, aber unterschiedliche Beiträge leisten.

Auf dieser Grundlage lässt sich für nahezu jede geeignete Standortkonstellation ein spezifisches Betreiberkonzept entwickeln. Entscheidend ist nicht, ein möglichst komplexes Modell zu schaffen, sondern eine Struktur, die den erforderlichen Betrieb zuverlässig ermöglicht und gleichzeitig zu den Möglichkeiten und Zielen der beteiligten Akteure passt.

9 Übertragbarkeit und Perspektiven für die praktische Umsetzung

Die im Rahmen von ReWaterCity entwickelten Betreiberansätze sind nicht auf die im Projekt untersuchten Standorte beschränkt. Eine wesentliche Zielsetzung besteht vielmehr darin, die gewonnenen Erkenntnisse auf weitere Anwendungen zu übertragen. Dabei geht es nicht darum, die technische und organisatorische Lösung eines Pilotstandortes unverändert zu reproduzieren. Dezentrale Wasserwiederverwendung ist stark von den jeweiligen örtlichen Bedingungen abhängig. Übertragbar ist deshalb vor allem die Vorgehensweise, mit der aus einer geeigneten Standortkonstellation ein technisch und organisatorisch tragfähiges Gesamtsystem entwickelt werden kann.

Die bisherigen Kapitel haben gezeigt, dass dafür keine allgemeingültige Kombination aus Anlagentechnik und Betreiberform vorgegeben werden kann. Unterschiedliche Abwasserquellen, Wassermengen, Nutzungen, Akteursstrukturen und Rahmenbedingungen führen zwangsläufig zu unterschiedlichen Lösungen. Gerade darin liegt jedoch eine Stärke dezentraler Systeme: Sie können auf den jeweiligen Bedarf zugeschnitten und in unterschiedlichen Größenordnungen umgesetzt werden.

Für eine breitere Anwendung ist deshalb weniger ein standardisiertes Betreiberkonzept erforderlich als ein standardisierbares Vorgehen zur Entwicklung individueller Betreiberkonzepte. Dieses Vorgehen kann auf den Erfahrungen aus ReWaterCity aufbauen und zukünftig auf Kommunen, Unternehmen, Wohnquartiere, größere Liegenschaften und weitere potenzielle Anwender übertragen werden.

9.1 Vom Pilotprojekt zum übertragbaren Lösungsansatz

Pilotprojekte erfüllen eine wichtige Funktion, weil sie technische und organisatorische Konzepte unter realen Bedingungen erproben. Ihr eigentlicher Wert liegt jedoch nicht ausschließlich in der Umsetzung des jeweiligen Einzelstandortes. Von größerer Bedeutung ist die Frage, welche Erkenntnisse daraus für weitere Vorhaben gewonnen werden können.

Bei ReWaterCity betrifft dies insbesondere das Zusammenspiel von dezentraler Aufbereitung, lokaler Wassernutzung, Monitoring, verschiedenen Akteuren und möglichen Betreiberstrukturen. Damit wurde ein Themenfeld bearbeitet, das deutlich über die reine Verfahrenstechnik hinausgeht.

Für zukünftige Projekte sollte deshalb nicht versucht werden, einen ReWaterCity-Standort als feste Vorlage zu verwenden. Sinnvoller ist es, die grundlegenden Fragestellungen auf einen neuen Standort zu übertragen. Dazu gehören insbesondere die Verfügbarkeit geeigneter Abwasserströme, der lokale Wasserbedarf, die vorgesehene Nutzung, die erforderliche Aufbereitung, die Möglichkeiten einer technischen Integration und die organisatorischen Voraussetzungen für einen langfristigen Betrieb.

Diese Vorgehensweise ermöglicht eine Skalierung, ohne dass jede neue Anwendung bei Null beginnen muss. Erfahrungen, Prüfschritte, Rollenverständnis und methodische Ansätze können übernommen werden, während technische Dimensionierung und Betreiberstruktur jeweils standortspezifisch entwickelt werden.

9.2 Geeignete Standorte frühzeitig identifizieren

Eine wesentliche Voraussetzung für die weitere Verbreitung dezentraler Wasserwiederverwendung besteht darin, potenziell geeignete Standorte frühzeitig zu erkennen. Bislang werden Abwasserentsorgung und Wasserbedarf häufig getrennt voneinander betrachtet. Für Wasserwiederverwendung müssen beide Perspektiven zusammengeführt werden.

Besonders interessant sind Standorte, an denen größere und möglichst verlässliche Abwasserströme mit einem relevanten lokalen Wasserbedarf zusammentreffen. Dies kann bei bestehenden dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen ebenso der Fall sein wie bei größeren Liegenschaften oder neu entstehenden Quartieren.

Ein besonderes Potenzial kann bei Standorten bestehen, an denen bereits eine dezentrale Abwasserbehandlung vorhanden ist. Dort muss nicht grundsätzlich erst die Entscheidung für eine dezentrale Behandlung getroffen werden. Vielmehr stellt sich die weiterführende Frage, ob das bislang nach der Behandlung abgegebene Wasser zukünftig einer lokalen Nutzung zugeführt werden kann. Die bestehende Abwasserbehandlung wird dadurch um die Funktion der Wasserbereitstellung erweitert.

Ebenso interessant sind größere Neubau- und Umstrukturierungsvorhaben. Bei einem neu geplanten Quartier, Gewerbegebiet oder Gebäudekomplex können notwendige Leitungen, Speicherflächen und technische Einrichtungen bereits in der Planung berücksichtigt werden. Dies eröffnet andere Möglichkeiten als eine spätere Nachrüstung in bestehenden Gebäuden.

Auch geplante Sanierungen vorhandener Abwasseranlagen können einen geeigneten Anlass für eine Prüfung darstellen. Steht ohnehin eine technische Erneuerung an, kann untersucht werden, ob die neue Anlage nicht nur die bisherige Reinigungsleistung sicherstellen, sondern zugleich Wasser für eine lokale Nutzung bereitstellen soll.

Damit sollte Wasserwiederverwendung möglichst frühzeitig in Planungs- und Investitionsentscheidungen einbezogen werden. Je später diese Überlegung erfolgt, desto stärker können bereits getroffene bauliche oder infrastrukturelle Entscheidungen die verfügbaren Möglichkeiten einschränken.

9.3 Standardisierung ohne starre Standardlösung

Eine breitere Umsetzung wird erleichtert, wenn bestimmte Bestandteile eines Projektes standardisiert werden können. Dies bedeutet jedoch nicht, für alle Standorte dieselbe Anlage oder dasselbe Betreibermodell vorzusehen.

Standardisierbar sind vielmehr einzelne Prozessschritte. Beispielsweise kann ein einheitliches Vorgehen entwickelt werden, mit dem zunächst Wasserangebot und Wasserbedarf erfasst, mögliche Nutzungspfade untersucht und daraus technische Anforderungen abgeleitet werden. Ebenso können typische Rollen, Schnittstellen und Betreiberoptionen anhand eines wiederkehrenden Schemas geprüft werden.

Auch auf technischer Ebene können modulare Anlagenkonzepte die Übertragbarkeit unterstützen. Unterschiedliche Aufbereitungsstufen können entsprechend der benötigten Wasserqualität kombiniert und die Anlagenleistung an die jeweilige Größenordnung angepasst werden. Mobile oder containerisierte Systeme ermöglichen darüber hinaus eine Erprobung, bevor eine dauerhafte standortspezifische Anlage errichtet wird.

Gerade hier kann der Anlagenhersteller eine wichtige Rolle übernehmen. Aus Erfahrungen mit unterschiedlichen Standorten können wiederkehrende technische Konfigurationen entwickelt werden. Gleichzeitig kann der Hersteller neben der eigentlichen Technik standardisierte Leistungen für Planung, Inbetriebnahme, Wartung, Fernüberwachung und Service anbieten.

Damit entsteht langfristig die Möglichkeit, nicht nur Anlagen, sondern unterschiedliche Leistungspakete anzubieten. Ein Nutzer könnte beispielsweise lediglich eine Anlage erwerben und selbst betreiben. Ein anderer benötigt zusätzlich Wartung und Fernüberwachung. Ein weiterer möchte eine weitgehend vollständige Betriebsdienstleistung oder ein Contractingmodell.

Eine solche Modularisierung technischer und betrieblicher Leistungen kann den Einstieg für unterschiedliche Nutzergruppen erleichtern, ohne ihnen ein einheitliches Betreiberkonzept vorzugeben.

9.4 Mobile Anlagen als Instrument für die Marktentwicklung

Mobile Anlagen können über ihre technische Funktion hinaus eine besondere Bedeutung für die weitere Verbreitung dezentraler Wasserwiederverwendung erhalten. Sie ermöglichen es, einen potenziellen Standort zunächst unter realen Bedingungen zu untersuchen, bevor größere dauerhafte Investitionen vorgenommen werden.

Damit kann eine mobile Anlage zu einem Instrument der Projektentwicklung werden. Sie erlaubt nicht nur die technische Demonstration der Wasseraufbereitung, sondern kann Daten für eine spätere Dimensionierung und Betreiberentscheidung liefern.

Für den Anlagenanbieter eröffnet sich daraus ein eigenständiges Dienstleistungsmodell. Eine mobile Anlage kann in dessen Eigentum verbleiben und nacheinander an unterschiedlichen Standorten eingesetzt werden. Der Kunde erwirbt dann zunächst keine dauerhafte technische Infrastruktur, sondern eine zeitlich begrenzte Erprobungs- und Betriebsleistung.

Dies kann die Einstiegshürde für potenzielle Anwender reduzieren. Insbesondere bei einer noch nicht langfristig gesicherten Nutzung oder bei einer zunächst befristeten Zulassung muss nicht sofort in eine endgültige stationäre Lösung investiert werden.

Gleichzeitig entsteht für den Anlagenanbieter die Möglichkeit, technische Bereitstellung, Inbetriebnahme, Service und Betrieb miteinander zu verbinden. Aus einer solchen Leistung kann sich bei erfolgreicher Erprobung ein Folgeprojekt für eine dauerhafte Anlage entwickeln. Dabei muss das spätere Betreiberkonzept nicht zwangsläufig identisch mit dem Modell der Pilotphase sein.

Mobile Anlagen können somit eine Brücke zwischen Projektidee und dauerhafter Umsetzung bilden.

9.5 Vom Hersteller zum Systemanbieter

Mit zunehmender Verbreitung dezentraler Wasserwiederverwendung kann sich auch die Rolle des Anlagenherstellers weiterentwickeln. Die reine Lieferung einer technischen Anlage bildet nur eine mögliche Leistung innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette.

Bereits während der Projektentwicklung kann der Hersteller technische Machbarkeit und Dimensionierung unterstützen. Im Planungs- und Genehmigungsprozess kann er die für seine Anlage notwendigen technischen Informationen, Verfahrensbeschreibungen und Nachweise bereitstellen und fachlich an der Entwicklung einer geeigneten Lösung mitwirken.

Nach der Errichtung kann er Service- und Wartungsverträge anbieten, Ersatzteile bereitstellen, Anlagenzustände aus der Ferne überwachen und bei Störungen unterstützen. Gerade bei einer größeren Zahl vergleichbarer Anlagen kann eine zentrale Fernüberwachung wirtschaftlicher sein, als an jedem Standort umfassende eigene Fachkompetenz vorzuhalten.

Eine weitergehende Entwicklung besteht darin, dass der Hersteller selbst Betriebsleistungen übernimmt. Aus dem Anlagenhersteller wird damit ein Systemanbieter, der nicht mehr ausschließlich Technik verkauft, sondern deren dauerhafte Funktion als Dienstleistung absichert.

Noch einen Schritt weiter geht die Rolle als Contractor. In diesem Fall kann der Anbieter zusätzlich Finanzierung beziehungsweise Investition und Eigentum übernehmen und dem Kunden eine definierte Leistung bereitstellen. Dies kann beispielsweise die Aufbereitung einer vereinbarten Wassermenge oder die Bereitstellung von Wasser an einem definierten Übergabepunkt sein.

Für die weitere Marktentwicklung können solche Angebote von erheblicher Bedeutung sein. Nicht jeder potenzielle Nutzer wird selbst Kompetenzen für Planung und Betrieb einer Wasserwiederverwendungsanlage aufbauen wollen. Je vollständiger diese Leistungen durch spezialisierte Anbieter bereitgestellt werden können, desto geringer wird die organisatorische Einstiegshürde.

9.6 Projektentwicklung und fachliche Begleitung als eigenständige Leistung

Neben der technischen Systembereitstellung entsteht ein zweites wichtiges Tätigkeitsfeld: die unabhängige Entwicklung und Begleitung zukünftiger Wasserwiederverwendungsprojekte.

Gerade potenzielle Nutzer, die erstmals ein solches Vorhaben untersuchen, stehen zunächst nicht vor der Frage, welche konkrete Anlage sie kaufen sollen. Zuvor muss geklärt werden, ob ein geeigneter Standort vorliegt, welche Nutzung sinnvoll ist, welche Akteure eingebunden werden müssen und welches Betreiberkonzept zu den organisatorischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten des Projektes passt.

Diese Aufgaben erfordern eine andere Perspektive als die technische Anlagenplanung. Im Mittelpunkt stehen die Strukturierung des Vorhabens, die Moderation zwischen den Beteiligten und die Entwicklung einer tragfähigen Projektorganisation.

Eine solche Projektbegleitung kann bereits mit einer ersten Standort- und Potenzialanalyse beginnen. Im weiteren Verlauf können mögliche Nutzungsszenarien, Akteurskonstellationen und Betreiberoptionen entwickelt und gegenübergestellt werden. Anschließend kann die Begleitung die Abstimmung zwischen Nutzer, Anlagenanbieter und weiteren Beteiligten unterstützen.

Von besonderem Wert ist dabei eine anbieterneutrale Betrachtung des Betreiberkonzeptes. Die Entscheidung, ob Eigenbetrieb, Betreibervertrag, Contracting, Kooperation oder eine Mischform geeignet ist, sollte zunächst aus den Anforderungen des Projektes abgeleitet werden. Erst anschließend kann geprüft werden, welche konkreten Partner die jeweiligen Rollen übernehmen können.

Das Projekt ReWaterCity hat für eine solche Tätigkeit Erfahrungen aufgebaut, die über die Betrachtung einer einzelnen technischen Anlage hinausgehen. Die Verbindung von Standortbetrachtung, möglichen Nutzungen, Monitoring, Betreiberorganisation und Übertragbarkeit schafft eine Grundlage, auf der zukünftige Vorhaben strukturiert begleitet werden können.

Damit können aus dem Projekt zwei sich ergänzende Kompetenzbereiche hervorgehen: einerseits die technische Planung, Begleitung des Genehmigungsverfahrens, Bereitstellung und gegebenenfalls der Betrieb dezentraler Aufbereitungsanlagen und andererseits die unabhängige Projektentwicklung, Beratung und Moderation zur Entwicklung geeigneter Betreiberstrukturen. Gerade die Verbindung dieser Kompetenzen kann für zukünftige Projekte wertvoll sein.

9.7 Aufbau von Erfahrungswissen durch weitere Projekte

Mit jedem umgesetzten Projekt wächst die Datengrundlage für zukünftige Entscheidungen. Dies betrifft technische Betriebsdaten ebenso wie Erfahrungen mit Nutzerverhalten, Wartungsaufwand, Monitoring, Betreiberorganisation und Projektablaufen.

Ein einzelnes Pilotprojekt kann hierfür nur einen Ausgangspunkt darstellen. Die tatsächliche Vielfalt möglicher Anwendungen wird erst sichtbar, wenn unterschiedliche Standorttypen und Nutzungskonstellationen umgesetzt werden.

Besonders wertvoll ist dabei die systematische Dokumentation. Erkenntnisse sollten nicht nur für den jeweiligen Anlagenbetrieb genutzt werden, sondern so aufbereitet werden, dass sie in zukünftige Projekte einfließen können. Daraus können mit der Zeit belastbarere Annahmen für Anlagenkonzeption, Projektaufwand und Betreiberorganisation entstehen.

Auch unterschiedliche Betreiberansätze können auf diese Weise praktisch verglichen werden. Ein Modell, das bei einem einzelnen Industrieunternehmen gut funktioniert, muss nicht zwangsläufig auf ein Quartier mit mehreren Nutzern übertragbar sein. Umgekehrt können Erfahrungen aus kooperativen Projekten wichtige Hinweise für die Gestaltung weiterer gemeinschaftlicher Systeme liefern.

Langfristig kann dadurch aus einzelnen Demonstrations- und Pilotprojekten ein zunehmend standardisiertes Erfahrungswissen entstehen. Dieses kann dazu beitragen, den Aufwand für die Vorbereitung neuer Projekte zu reduzieren und Entscheidungen früher auf eine belastbarere Grundlage zu stellen.

9.8 Dezentrale Wasserwiederverwendung als neues lokales Infrastrukturmodell

Mit zunehmender Größenordnung verändert sich schließlich auch die Perspektive auf dezentrale Wasserwiederverwendung. Bei einer einzelnen Anlage steht zunächst die technische Versorgung eines konkreten Nutzers im Mittelpunkt. Werden dagegen mehrere Abwasserquellen, Nutzer und Anwendungen miteinander verbunden, entsteht schrittweise eine lokale Wasserinfrastruktur.

Ein solches System kann beispielsweise innerhalb eines Quartiers oder Gewerbegebietes entstehen. Abwasser wird lokal gesammelt und aufbereitet. Das erzeugte Wasser wird anschließend über eine eigene Infrastruktur verschiedenen Anwendungen zugeführt. Dabei können sich saisonale und ganzjährige Nutzungen ergänzen.

Der Begriff „dezentral“ bedeutet in diesem Zusammenhang nicht zwangsläufig „klein“. Entscheidend ist vielmehr die räumliche Nähe zwischen Abwasseraufbereitung und erneuter Nutzung. Ein dezentrales System

kann daher durchaus mehrere Gebäude, große Liegenschaften oder ganze räumlich zusammenhängende Gebiete versorgen.

Mit dieser Entwicklung verändert sich allerdings auch die Betreiberaufgabe. Aus dem Betrieb einer einzelnen technischen Anlage wird zunehmend die Organisation einer lokalen Versorgungsinfrastruktur. Dann gewinnen langfristige Betreiberstrukturen, Versorgungssicherheit, klare Übergabepunkte und gegebenenfalls eine gemeinsame Organisation mehrerer Beteiligter an Bedeutung.

Damit eröffnet sich ein breites Spektrum möglicher Entwicklungen: von der einzelnen mobilen Anlage für eine zeitlich begrenzte Anwendung über eine stationäre Eigenversorgung bis zu lokalen Wasserkreisläufen mit mehreren Nutzern.

9.9 Perspektive nach ReWaterCity

ReWaterCity kann vor diesem Hintergrund als Ausgangspunkt für weitere Anwendungen verstanden werden. Das Projekt hat unterschiedliche Aspekte zusammengeführt, die für zukünftige dezentrale Wasserwiederverwendungssysteme relevant sind. Dazu gehören technische Aufbereitung, potenzielle Nutzungsmöglichkeiten, Monitoring sowie die Frage, wie ein dauerhafter Betrieb organisatorisch gestaltet werden kann.

Die Übertragbarkeit der Projektergebnisse liegt dabei nicht in einer einzelnen Musteranlage oder einem verbindlichen Standard-Betreibermodell. Der wesentliche Mehrwert besteht vielmehr in einem übertragbaren Vorgehen zur Entwicklung standortspezifischer Lösungen.

Für zukünftige Projekte kann daraus ein schrittweiser Prozess entstehen: Zunächst wird das Potenzial eines Standortes untersucht. Anschließend werden Wasserangebot und mögliche Nutzungen konkretisiert und die beteiligten Akteure zusammengeführt. Darauf aufbauend werden technische Lösung und Betreiberkonzept entwickelt. Bei Bedarf kann eine mobile Anlage für eine Pilot- und Evaluierungsphase eingesetzt werden. Auf Basis der dort gewonnenen Erkenntnisse wird schließlich über eine langfristige technische und organisatorische Lösung entschieden.

Dabei können unterschiedliche spezialisierte Partner zusammenwirken. Anlagenhersteller können sich vom Techniklieferanten zum umfassenden System- und Betriebsdienstleister entwickeln. Unabhängige Projektbegleiter können die Entwicklung des Vorhabens moderieren, unterschiedliche Betreiberoptionen bewerten und die Beteiligten bei der Entwicklung einer geeigneten Organisationsstruktur unterstützen.

Gerade diese Kombination bietet eine Perspektive für die weitere Umsetzung der in ReWaterCity untersuchten Ansätze. Statt zukünftigen Anwendern lediglich eine technische Anlage anzubieten, kann ein

vollständiger Entwicklungspfad von der ersten Standortidee bis zu einem langfristig tragfähigen Betreiberkonzept bereitgestellt werden.

Damit endet die Betrachtung der Betreibermodelle nicht mit der Auswahl zwischen Eigenbetrieb, Betreibervertrag, Contracting oder Kooperation. Entscheidend ist vielmehr die Fähigkeit, aus den technischen, organisatorischen und standortbezogenen Voraussetzungen eines konkreten Vorhabens eine passende Gesamtlösung zu entwickeln. Genau darin liegt ein wesentlicher Ansatzpunkt, um dezentrale Wasserwiederverwendung über einzelne Pilotprojekte hinaus in weitere praktische Anwendungen zu überführen.

10 Fazit und Ausblick

Die Betrachtung möglicher Betreibermodelle zeigt, dass dezentrale Wasserwiederverwendung weit über die technische Frage der Abwasseraufbereitung hinausgeht. Erst durch das Zusammenspiel von geeigneter Technik, einem konkreten Nutzungspfad, einer tragfähigen Betreiberorganisation und einer langfristig gesicherten Umsetzung entsteht aus einer Anlage ein dauerhaft nutzbares System. Die im Rahmen von ReWaterCity gewonnenen Erfahrungen machen deutlich, dass hierfür keine einheitliche Standardlösung existiert. Vielmehr muss für jeden Standort eine Konstellation entwickelt werden, die zu den örtlichen Voraussetzungen, den beteiligten Akteuren und dem vorgesehenen Anwendungsfall passt.

Gleichzeitig besitzt das Projekt eine Bedeutung, die über die unmittelbare Entwicklung und Bewertung einzelner Betreiberkonzepte hinausgeht. ReWaterCity wurde im Rahmen des Stuttgarter Klima-Innovationsfonds gefördert. Bereits im Projektantrag wurde die lokale Nutzung von aufbereitetem Abwasser ausdrücklich mit dem Leitbild einer wassersensiblen Stadt verbunden. Eine solche Stadt soll besser mit Extremwetter umgehen können, den Wasserhaushalt stabilisieren, das Stadtklima verbessern und gleichzeitig ökologische Funktionen unterstützen. Die Wasserwiederverwendung wurde dabei als ein möglicher Baustein zur Erreichung dieser Ziele beschrieben.

10.1 Dezentrale Wasserwiederverwendung als Baustein einer wassersensiblen Stadt

Städte müssen sich zunehmend mit unterschiedlichen wasserbezogenen Auswirkungen des Klimawandels auseinandersetzen. Einerseits können Starkregenereignisse innerhalb kurzer Zeit große Wassermengen erzeugen, die von bestehenden Entwässerungssystemen nicht immer vollständig aufgenommen werden können. Andererseits treten längere Trockenperioden und Hitzephasen auf, in denen Wasser für Vegetation, Stadtgrün und weitere Nutzungen verstärkt benötigt wird.

Diese beiden Entwicklungen erscheinen zunächst gegensätzlich, gehören jedoch zu derselben Herausforderung: Wasser steht nicht immer dort und zu dem Zeitpunkt zur Verfügung, an dem es benötigt wird. Eine wassersensible Stadtentwicklung versucht deshalb, den urbanen Wasserhaushalt stärker als bisher lokal zu betrachten. Niederschlagswasser soll möglichst zurückgehalten, versickert, gespeichert und zeitversetzt genutzt werden. Entsiegelung, Regenwasserrückhalt und das sogenannte Schwammstadtprinzip bilden hierfür wichtige Ansätze.

Diese Maßnahmen allein lösen jedoch nicht jede zukünftige Versorgungssituation. Gerade während länger anhaltender Trockenperioden kann gespeichertes Regenwasser zunehmend aufgebraucht werden. Gleichzeitig entsteht weiterhin kommunales Abwasser. Die lokale Wiederverwendung eines geeigneten Anteils dieses Wassers kann deshalb eine zusätzliche Wasserressource erschließen, die nicht unmittelbar vom aktuellen Niederschlag abhängig ist.

Hier liegt eine wesentliche Stärke des in ReWaterCity untersuchten Ansatzes. Abwasser wird nicht ausschließlich als Stoffstrom betrachtet, der behandelt und anschließend abgeführt werden muss. Nach

geeigneter Aufbereitung kann es erneut für definierte Anwendungen zur Verfügung stehen. Dadurch entsteht ein zusätzlicher lokaler Nutzungspfad, der insbesondere dort interessant ist, wo bisher Trinkwasser eingesetzt wird, obwohl für die jeweilige Anwendung keine Trinkwasserqualität erforderlich ist.

Der Ansatz kann zugleich die klimaresiliente Stadtentwicklung unterstützen. Der Abschlussbericht zum Standort Hauptfriedhof beschreibt die dezentrale Wiederverwendung ausdrücklich als Beitrag zu einer nachhaltigen urbanen Wassernutzung und zur Klimaresilienz. Dort wird insbesondere die Einsparung von Trinkwasser und die Unterstützung des urbanen Mikroklimas während Hitze- und Trockenperioden hervorgehoben.

Wasserwiederverwendung sollte dabei nicht als Alternative zu Regenwassernutzung, Schwammstadt, Entsiegelung oder wassersparender Technik verstanden werden. Sie ergänzt diese Ansätze. Für eine langfristig resiliente Wasserstrategie ist vielmehr ein Zusammenspiel unterschiedlicher Maßnahmen erforderlich. Die dezentrale Wiederverwendung kann dabei dort ein zusätzliches Puzzleteil bilden, wo geeignete Abwasserströme und geeignete lokale Nutzungen zusammenkommen.

10.2 Dezentrale und zentrale Wasserwiederverwendung als unterschiedliche Lösungsansätze

Die Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser kann grundsätzlich sowohl zentral als auch dezentral organisiert werden. Viele derzeit diskutierte Ansätze setzen an zentralen Kläranlagen an. Dort stehen große Mengen bereits gereinigten Abwassers zur Verfügung, die durch zusätzliche Aufbereitungsstufen für bestimmte Nutzungen weiterbehandelt werden können. Aufgrund der großen behandelten Wassermengen können sich dabei Skaleneffekte ergeben, durch die insbesondere die spezifischen Aufbereitungskosten je Kubikmeter vergleichsweise niedrig gehalten werden können.

Dieser Vorteil auf der Seite der Aufbereitung ist jedoch nur ein Teil der Gesamtbetrachtung. Zentrale Kläranlagen befinden sich häufig nicht dort, wo das aufbereitete Wasser anschließend benötigt wird. Zwischen Wasserangebot und Wassernutzung kann deshalb eine erhebliche räumliche Distanz bestehen. Soll das Wasser beispielsweise zur Bewässerung von Stadtgrün, für gewerbliche Anwendungen oder für andere dezentrale Nutzungen eingesetzt werden, muss es vom Standort der Kläranlage zu den jeweiligen Verbrauchern transportiert werden.

Eine Möglichkeit hierfür ist der Transport mit Tankfahrzeugen. Dies ermöglicht grundsätzlich eine flexible Versorgung unterschiedlicher Standorte, verursacht jedoch zusätzlichen logistischen und personellen Aufwand. Bei größeren Wassermengen steigt die Zahl der notwendigen Transporte entsprechend an. Neben den damit verbundenen Kosten sind auch zusätzliche Verkehrsbelastungen und die mit dem Transport verbundenen Energieverbräuche und Emissionen zu berücksichtigen. Gerade für eine regelmäßige Versorgung innerhalb dichter städtischer Räume kann dies die Vorteile einer zentralen Bereitstellung teilweise relativieren.

Eine Alternative besteht im Aufbau einer eigenen Leitungsinfrastruktur für aufbereitetes Brauchbeziehungswise Nutzwasser. Ein solches zusätzliches Versorgungsnetz kann langfristig eine kontinuierliche Bereitstellung von Brauchwasser ermöglichen, erfordert jedoch erhebliche Investitionen in Leitungen, Speicher, Übergabestellen und weitere Infrastruktur. Insbesondere im bestehenden Stadtraum sind damit umfangreiche Tiefbauarbeiten verbunden. Der Aufbau eines flächendeckenden oder größeren parallelen Leitungsnetzes ist deshalb, wenn überhaupt vorgesehen, eher als langfristige Infrastrukturentwicklung zu betrachten.

Der in ReWaterCity untersuchte dezentrale Ansatz setzt an einer anderen Stelle an. Das Wasser wird möglichst in räumlicher Nähe zu seinem Entstehungsort aufbereitet und anschließend ebenfalls lokal genutzt. Dadurch kann der Transport des aufbereiteten Wassers reduziert oder im günstigsten Fall weitgehend vermieden werden. Anstelle einer großräumigen Verteilung entsteht ein lokaler Wasserkreislauf zwischen Abwasseranfall, Aufbereitung und erneuter Nutzung.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit, die Aufbereitung gezielt auf den vorgesehenen Nutzungspfad auszurichten. Nicht jede Anwendung benötigt dieselbe Wasserqualität. Die technische Konfiguration einer dezentralen Anlage kann deshalb an die für den jeweiligen Anwendungsfall erforderlichen und genehmigten Qualitätsanforderungen angepasst werden. Damit wird nicht zwangsläufig eine möglichst weitgehende Aufbereitung angestrebt, sondern eine Aufbereitung, die den Anforderungen der vorgesehenen Nutzung zuverlässig entspricht.

Bei bestimmten Bewässerungsanwendungen kann darüber hinaus die Zusammensetzung des aufbereiteten Wassers eine Rolle spielen. Soweit dies technisch, pflanzenbaulich und im Rahmen der jeweiligen Anforderungen zulässig ist, können vorhandene Nährstoffe als Ressource betrachtet werden. Die Aufbereitung könnte dann so ausgelegt und gesteuert werden, dass die für die konkrete Nutzung geeignete Wasserqualität erreicht wird, ohne grundsätzlich sämtliche enthaltenen Nährstoffe unabhängig vom späteren Bedarf zu entfernen. Eine bedarfsgerechte Betrachtung muss dabei insbesondere die jeweilige Vegetation, Wachstumsperiode und den tatsächlichen Nährstoffbedarf berücksichtigen.

Zentrale und dezentrale Wasserwiederverwendung sollten deshalb nicht als konkurrierende Konzepte verstanden werden, von denen eines grundsätzlich überlegen ist. Beide Ansätze besitzen unterschiedliche Stärken und Einsatzbereiche. Zentrale Lösungen können insbesondere von großen verfügbaren Wassermengen und Skaleneffekten bei der Aufbereitung profitieren. Dezentrale Lösungen können dagegen ihre Vorteile dort entfalten, wo Wasserangebot und Wasserbedarf räumlich nahe beieinanderliegen und die Aufbereitung gezielt auf eine konkrete lokale Nutzung abgestimmt werden kann. Für eine zukünftige wassersensible Stadt können daher beide Ansätze nebeneinander bestehen und sich gegenseitig ergänzen.

10.3 Wesentliche Erkenntnisse aus ReWaterCity

Ein wesentliches Ergebnis des Projektes in dem hier betrachteten Kontext liegt in der Erkenntnis, dass technische Machbarkeit allein noch keine dauerhaft tragfähige und nachhaltige Wasserwiederverwendung

schaft. Für eine langfristige Nutzung müssen technische, organisatorische und betriebliche Anforderungen gemeinsam betrachtet werden. Dies betrifft insbesondere die sichere Aufbereitung, die konkrete Nutzung, die Einhaltung der für den Standort geltenden Bedingungen, Monitoring und Betriebsorganisation.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist die Vielfalt möglicher Betreiberkonzepte. Der Betrieb kann vollständig beim Nutzer liegen, teilweise an Dienstleister übertragen werden oder weitgehend durch externe Betreiber organisiert werden. Kommunale, kooperative und gemeinschaftliche Modelle können insbesondere bei mehreren lokalen Nutzern sinnvoll sein. Ebenso können Contractingmodelle oder Projektgesellschaften eingesetzt werden. Entscheidend ist nicht die Bezeichnung des Modells, sondern die konkrete Verteilung von Aufgaben, Verantwortung und Risiko.

Besonders relevant ist die Erkenntnis, dass ein Betreiberkonzept nicht für die gesamte Lebensdauer eines Projektes unverändert bleiben muss. Pilot- und Evaluierungsphasen können andere organisatorische und wirtschaftliche Anforderungen besitzen als ein späterer Dauerbetrieb. In einer frühen Phase kann beispielsweise eine mobile Anlage mit einem hohen Anteil externer Betriebsleistungen zweckmäßig sein. Bei einer langfristig gesicherten Nutzung kann daraus später eine stationäre Anlage mit einer anderen Eigentums- und Betreiberstruktur entstehen.

Damit wird die Betreiberfrage zu einem entwicklungsfähigen Bestandteil des Projektes. Die technische Lösung und die Betreiberorganisation können gemeinsam mit dem Standort und der Nutzung weiterentwickelt werden. Dies reduziert die Notwendigkeit, bereits zu Projektbeginn sämtliche langfristigen Entscheidungen endgültig festzulegen.

10.4 Neue Rollen innerhalb zukünftiger Betreiberkonzepte

Die Beschäftigung mit verschiedenen Betreiberformen hat zugleich gezeigt, dass klassische Rollen deutlich erweitert werden können. Besonders deutlich wird dies beim Anlagenhersteller. Dieser kann weit mehr übernehmen als die Lieferung der technischen Anlage.

Bereits während der Projektentwicklung kann ein Hersteller die technische Planung unterstützen und die für den Genehmigungsprozess erforderlichen technischen Unterlagen und Nachweise bereitstellen. Im weiteren Verlauf kann er Installation, Inbetriebnahme, Wartung, Ersatzteilversorgung, Fernüberwachung und Störungsbehebung übernehmen. Bei mobilen Anlagen kann er zudem Eigentümer der Technik bleiben und diese für einen zeitlich begrenzten Einsatz bereitstellen.

Wird dieses Leistungsspektrum weiterentwickelt, kann aus dem Hersteller ein System- oder Betriebsdienstleister werden. Er kann schließlich sogar die Rolle eines Contractors übernehmen und dem Nutzer nicht mehr in erster Linie eine Anlage, sondern eine definierte Leistung bereitstellen. Damit eröffnen sich insbesondere für Nutzer ohne eigene technische Betriebsorganisation neue Möglichkeiten.

Eine zweite wichtige Rolle ist die des unabhängigen Projektinitiators beziehungsweise Projektbegleiters. Wasserwiederverwendungsprojekte bringen häufig Akteure mit unterschiedlichen Interessen zusammen. Der Anlagenanbieter betrachtet vor allem die technische Lösung, der Nutzer die Versorgung und Wirtschaftlichkeit, Grundstücks- und Infrastrukturbetreiber weitere standortbezogene Aspekte.

Eine unabhängige Projektbegleitung kann diese Perspektiven zusammenführen, den Entwicklungsprozess strukturieren, unterschiedliche Betreiberoptionen gegenüberstellen und bei der Suche nach einer geeigneten Aufgabenverteilung unterstützen. Gerade bei neuen Anwendungen kann dies helfen, eine zu frühe Festlegung auf ein bestimmtes Betreiber- oder Geschäftsmodell zu vermeiden.

Durch die Bearbeitung von ReWaterCity wurde sowohl technisches als auch organisatorisches Erfahrungswissen aufgebaut. Dieses Wissen kann zukünftig genutzt werden, um neue Vorhaben nicht nur technisch zu planen, sondern auch bei der Entwicklung einer passenden Betreiberstruktur fachlich zu begleiten.

10.5 Von der Pilotanwendung zur weiteren Umsetzung

Die Erfahrungen aus ReWaterCity können als Grundlage für weitere Projekte dienen, ohne dass die konkrete technische oder organisatorische Lösung eines Pilotstandortes übernommen werden muss. Übertragbar ist vor allem der Entwicklungsprozess.

Am Anfang steht die Identifikation eines geeigneten Standortes. Dazu müssen sowohl ein relevanter Abwasserstrom als auch ein sinnvoller Wasserbedarf vorhanden sein. Anschließend wird geprüft, welche Nutzungspfade technisch und organisatorisch grundsätzlich in Betracht kommen. Erst danach werden Anlagenkonzept und Betreiberstruktur entwickelt.

Gerade in frühen Projektphasen kann eine mobile oder transportable Anlage sinnvoll sein. Sie ermöglicht es, unter realen Bedingungen Daten zu Wasseranfall, Aufbereitungsleistung, tatsächlichem Bedarf und Betriebsaufwand zu sammeln. Die Projektergebnisdarstellung von ReWaterCity beschreibt die mobile Anlage ausdrücklich als Instrument, um belastbare Kenndaten unter realen Standortbedingungen zu gewinnen und damit weitere Entscheidungen vorzubereiten.

Ein solcher Pilotbetrieb kann zugleich dazu dienen, organisatorische Abläufe zu erproben. Dabei kann untersucht werden, welche Aufgaben der Nutzer selbst übernehmen kann, welche Leistungen durch den Anlagenanbieter bereitgestellt werden sollten und ob zusätzliche Akteure benötigt werden.

Erst wenn eine langfristige Perspektive besteht, ist eine Entscheidung über eine dauerhafte technische und organisatorische Lösung erforderlich. Diese kann in einer stationären Anlage bestehen, muss jedoch nicht

zwangsläufig einen vollständigen Eigenbetrieb zur Folge haben. Auch langfristige Betreiberverträge oder Contractingmodelle bleiben möglich.

Damit ergibt sich ein stufenweiser Entwicklungspfad: von der Standortidee über eine Erprobungsphase bis zu einer dauerhaften Lösung. Dieser Ansatz kann die Einstiegshürde für zukünftige Nutzer reduzieren und gleichzeitig ermöglichen, Investitionsentscheidungen auf eine belastbarere Grundlage zu stellen.

10.6 Bedeutung für Klimaanpassung und Klimaresilienz

Neben den unmittelbar projektbezogenen Ergebnissen liegt ein wesentlicher Mehrwert von ReWaterCity darin, die Diskussion über den zukünftigen Umgang mit Wasser zu erweitern.

Mit zunehmender Zahl an Hitze- und Trockenperioden wird sich die Frage der verfügbaren Wasserressourcen voraussichtlich stärker stellen. In bestimmten Regionen und Zeiträumen kann Wasser nicht mehr in derselben Selbstverständlichkeit verfügbar sein, wie dies bisher häufig angenommen wurde. Dadurch können Nutzungskonflikte zwischen verschiedenen Anforderungen an Bedeutung gewinnen.

Kommunale Trinkwasserversorgung, Industrie, Landwirtschaft, Stadtgrün, öffentliche Einrichtungen und private Nutzer greifen teilweise auf dieselben Ressourcen zurück. Je knapper diese Ressourcen werden, desto wichtiger wird die Frage, für welche Nutzung tatsächlich Trinkwasser erforderlich ist und für welche Anwendungen alternative Wasserquellen eingesetzt werden können.

Dezentrale Wasserwiederverwendung kann solche Nutzungskonflikte nicht vollständig lösen. Sie kann jedoch dazu beitragen, den Bedarf an hochwertigem Trinkwasser für bestimmte nichttrinkwassergebundene Anwendungen zu reduzieren. Gerade in Hitzeperioden kann dies relevant werden, wenn einerseits der allgemeine Wasserbedarf steigt und andererseits Stadtbäume und andere grüne Infrastruktur besonders stark auf zusätzliche Bewässerung angewiesen sind.

Die Diskussionen im Rahmen der Informationsveranstaltungen von ReWaterCity haben gezeigt, dass Fragen zur Nutzung und Verteilung von Wasser bereits heute unterschiedliche Interessen berühren. Diese Beobachtung ist nicht als quantifizierbares Projektergebnis zu verstehen, unterstreicht jedoch die gesellschaftliche Bedeutung des Themas.

Eine zukunftsfähige Wasserstrategie wird deshalb verschiedene Ressourcen und Nutzungsmöglichkeiten miteinander verbinden müssen. Regenwasser, aufbereitetes Abwasser, effiziente Wassernutzung und Trinkwasser werden dabei unterschiedliche Funktionen erfüllen. Nicht jede Anwendung benötigt dieselbe Wasserqualität und nicht jede Wasserressource ist für jede Nutzung geeignet.

Die dezentrale Wasserwiederverwendung erweitert in diesem Zusammenhang den verfügbaren Handlungsspielraum. Sie schafft die Möglichkeit, einen bereits vorhandenen Wasserstrom lokal erneut zu nutzen und dadurch zusätzliche Resilienz gegenüber zeitweisen Engpässen aufzubauen.

10.7 Nachhaltigkeit als Zusammenspiel ökologischer, ökonomischer und sozialer Anforderungen

Die Frage nach der Nachhaltigkeit dezentraler Wasserwiederverwendung kann nicht allein anhand der eingesparten Trinkwassermenge beantwortet werden. Ein System kann einen ökologisch sinnvollen Beitrag leisten und dennoch langfristig nicht tragfähig sein, wenn sein Betrieb dauerhaft nicht finanziert werden kann oder die erforderlichen organisatorischen Strukturen fehlen. Umgekehrt reicht eine wirtschaftlich günstige technische Lösung nicht aus, wenn sie ökologische Anforderungen nicht erfüllt oder bei den beteiligten Akteuren und Nutzern keine ausreichende Akzeptanz findet.

Für die Gesamtbetrachtung bietet sich deshalb das klassische Nachhaltigkeitsdreieck mit seinen drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales an. Ein langfristig tragfähiges Betreiberkonzept sollte diese drei Perspektiven nicht getrennt voneinander betrachten, sondern möglichst miteinander in Einklang bringen.

Die ökologische Dimension umfasst zunächst den nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser. Durch die lokale Wiederverwendung kann der Bedarf an Trinkwasser für geeignete Anwendungen reduziert und ein bereits vorhandener Wasserstrom erneut genutzt werden. Je nach Anwendung können weitere positive Wirkungen hinzukommen, beispielsweise die Unterstützung von Stadtgrün während Trockenperioden und damit mittelbar ein Beitrag zur Anpassung an zunehmende Hitze. Gleichzeitig müssen jedoch auch Energiebedarf, eingesetzte Betriebsmittel, notwendige Transporte und andere Umweltwirkungen der Aufbereitung berücksichtigt werden. Nachhaltig ist Wasserwiederverwendung daher nicht bereits allein deshalb, weil Wasser ein zweites Mal genutzt wird. Entscheidend ist die ökologische Gesamtwirkung des jeweiligen Systems.

Die ökonomische Dimension betrifft sowohl die Investition als auch den langfristigen Betrieb. Eine Anlage muss über ihre vorgesehene Nutzungsdauer finanzierbar sein. Dazu gehören neben den Investitionskosten auch Energie, Wartung, Analytik, Personal, Ersatzteile und weitere betriebliche Aufwendungen. Ebenso müssen wirtschaftliche Risiken angemessen verteilt werden. Genau hier besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zum Betreibermodell. Die Entscheidung darüber, wer investiert, wer den Betrieb übernimmt und wer welche Risiken trägt, beeinflusst wesentlich, ob ein technisch sinnvolles System auch dauerhaft wirtschaftlich betrieben werden kann.

Die soziale Dimension ist bei Wasserwiederverwendung ebenfalls von erheblicher Bedeutung. Sie betrifft die Akzeptanz der Nutzung von aufbereitetem Abwasser ebenso wie die Interessen der beteiligten Akteure und die Frage, wie Entscheidungen und Verantwortlichkeiten organisiert werden. Gerade wenn mehrere Nutzer, öffentliche Stellen, Grundstückseigentümer, Betreiber und Dienstleister beteiligt sind, müssen unterschiedliche Interessen miteinander in Einklang gebracht werden. Transparente Kommunikation,

nachvollziehbare Verantwortlichkeiten und Vertrauen in die sichere Aufbereitung und Nutzung des Wassers sind deshalb wesentliche Voraussetzungen für eine langfristige Umsetzung.

Das Betreibermodell bildet eine Verbindung zwischen diesen drei Dimensionen. Es schafft die organisatorische Struktur, innerhalb derer ökologische Ziele erreicht, wirtschaftliche Rahmenbedingungen gesichert und unterschiedliche Akteure eingebunden werden können. Ein ungeeignetes Betreiberkonzept kann deshalb auch eine technisch überzeugende Lösung langfristig gefährden. Umgekehrt kann ein gut auf die konkrete Situation abgestimmtes Modell dazu beitragen, unterschiedliche Anforderungen miteinander zu verbinden.

Die Entwicklung eines geeigneten Betreibermodells ist damit selbst ein Bestandteil der Nachhaltigkeitsstrategie eines Wasserwiederverwendungsprojektes. Nachhaltigkeit entsteht nicht allein durch die eingesetzte Technik, sondern durch ein Gesamtsystem, das ökologisch sinnvoll, wirtschaftlich dauerhaft tragfähig und organisatorisch sowie gesellschaftlich umsetzbar ist.

10.8 ReWaterCity als Ausgangspunkt für zukünftige Projekte

Der Erfolg eines Pilotprojektes darf nicht ausschließlich daran gemessen werden, ob sämtliche vorgesehenen Einzelziele in exakt der geplanten Form erreicht wurden. Von ebenso großer Bedeutung ist das Wissen, das während der Projektbearbeitung aufgebaut wird und für zukünftige Anwendungen zur Verfügung steht.

ReWaterCity hat Erfahrungen in mehreren Bereichen zusammengeführt, die für zukünftige Wasserwiederverwendungsprojekte relevant sind. Dazu gehören technische Aufbereitung, mobile Anlagenkonzepte, mögliche Nutzungspfade, Monitoring, Betriebsorganisation sowie die Entwicklung und Bewertung unterschiedlicher Betreiberkonzepte.

Der Projektantrag formulierte als Ziel, das Potenzial eines mobilen Wasserwiederverwendungssystems für eine wassersensible Stadt aufzuzeigen. Aus heutiger Sicht liegt ein wesentlicher Mehrwert des Projektes darin, dass aus dieser ursprünglichen technischen und ökologischen Fragestellung ein deutlich breiteres Verständnis entstanden ist.

Es wurde sichtbar, dass zukünftige Projekte nicht nur eine geeignete Anlage benötigen. Ebenso erforderlich sind eine fundierte Projektentwicklung, die Einbindung unterschiedlicher Akteure, ein passendes Betreiberkonzept und ein klarer Entwicklungspfad von der Erprobung zum Dauerbetrieb.

Damit steht für weitere Vorhaben eine deutlich bessere Ausgangsbasis zur Verfügung. Neue Standorte müssen nicht bei einer rein abstrakten Projektidee beginnen. Erfahrungen aus ReWaterCity können genutzt werden, um mögliche Anwendungen zu strukturieren, Betreiberoptionen frühzeitig zu betrachten und Pilotphasen zielgerichtet vorzubereiten.

Der standortbezogene Skalierungsplan für Stuttgart bildet hierzu ein eigenständiges Projektergebnis. Der Zuwendungsbescheid sieht ausdrücklich vor, darin das Potenzial der Technologie, lokale Nutzer und Use Cases sowie Möglichkeiten für eine weitere mobile oder stationäre Nutzung in Stuttgart zu betrachten. Der vorliegende Bericht ergänzt diese standortbezogene Perspektive um die übertragbare organisatorische Betrachtung möglicher Betreiberkonzepte.

ReWaterCity zeigt damit nicht die eine gesamtheitliche Lösung für die zukünftige urbane Wasserversorgung. Das Projekt zeigt vielmehr einen zusätzlichen Weg auf, wie Wasser lokal im Kreislauf geführt und als Ressource erhalten werden kann. Dezentrale Wasserwiederverwendung kann dort, wo die technischen, organisatorischen und genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen gegeben sind, ein Baustein einer wassersensiblen und klimaresilienten Stadtentwicklung sein.

Der wesentliche Erfolg des Projektes liegt deshalb nicht allein in der Betrachtung einer einzelnen Anlage oder eines einzelnen Nutzungspfades. Er liegt ebenso im Aufbau von Erfahrungen, Kompetenzen und einem übertragbaren Verständnis dafür, wie dezentrale Wasserwiederverwendung in zukünftige Projekte integriert werden kann. Genau dieses Wissen bildet die Grundlage dafür, aus einzelnen Pilotanwendungen Schritt für Schritt weitere tragfähige Lösungen zu entwickeln.

Hinweis zur Erstellung:

Bei der redaktionellen Erstellung und sprachlichen Ausarbeitung dieses Berichts wurden KI-gestützte Werkzeuge eingesetzt. Die inhaltliche Konzeption, fachliche Prüfung, Überarbeitung und redaktionelle Verantwortung liegen bei der RESILIENTIS GmbH.