

# **Reduzierung der Lebenszykluskosten durch eine Verbrauchsoptimierung im Rahmen von PPP-Projekten im Schulbau – Empfehlungen zu Vertragsgestaltung und operativer Umsetzung**

Dr.-Ing. Philipp Stichnoth  
HOCHTIEF Solutions AG  
Niederlassung Building ÖPP  
Schmidtstedter Str. 30a  
99084 Erfurt

## **1 Einleitung**

Im Rahmen von Public-Private-Partnerships (PPP) im öffentlichen Hochbau ist es gängige Praxis, das Verbrauchsrisiko auf den privaten Partner zu übertragen. Optimierte und somit sehr niedrige Verbrauchsmengen sind mittlerweile ein wesentliches Kriterium für die Zuschlagserteilung sowie für eine erfolgreiche Umsetzung derartiger Projekte. Der öffentliche Auftraggeber (AG) erhält auf diesem Weg weitgehend Planungssicherheit hinsichtlich der Verbrauchskosten. Im Zuge der Optimierung der Lebenszykluskosten ist es Aufgabe des privaten Auftragnehmers (AN) die Medienverbräuche (Wärmeenergie, elektrische Energie, Trinkwasser) nachhaltig zu reduzieren.

Im Zuge der Vertragsgestaltung sind hinsichtlich der Regelungen zur Versorgung der Objekte mit den erforderlichen Verbrauchsmedien in der Vergangenheit unterschiedliche Wege beschritten worden. Dieser Aufsatz soll in einem ersten Teil den Stellenwert der Verbrauchskosten im Rahmen von PPP-Projekten im Schulbau und die derzeit gängigen vertraglichen Regelungen beleuchten. Anschließend werden Empfehlungen zur Vertragsgestaltung dargelegt.

In einem zweiten Teil werden konkrete Maßnahmen zur Optimierung bzw. Reduzierung der Verbrauchsmengen vorgestellt. Beginnend mit einer strukturierten Analyse der Verbräuche bei Sanierungsprojekten, über die Vorstellung von Handlungsempfehlungen zu organisatorischen und baulichen Maßnahmen, bis hin zum Aufbau eines Regelkreises für ein anschließendes Verbrauchscontrolling werden Umsetzungsmöglichkeiten aus der Praxis vorgestellt.

Das Betrachtungsfeld des vorliegenden Aufsatzes sind PPP-Projekte im Schulbau, bei welchen Bestandsgebäude saniert und parallel zur Sanierung bereits durch einen privaten AN betrieben werden. Dieses Betrachtungsfeld ist aufgrund des hohen Anteils von Sanierungsprojekten im Rahmen von PPP-Schulprojekten (ca. 80 %) besonders relevant.

## **2 Verbrauchskosten als Bestandteil der Lebenszykluskosten**

### **2.1 Bedeutung der Verbrauchskosten bei PPP-Projekten im Schulbau**

Im Rahmen von PPP-Projekten im Hochbau werden Leistungen entlang des gesamten Lebenszyklus der betreffenden Immobilien erbracht. Neben den Planungs,- Bau-

und Finanzierungsleistungen werden hierbei insbesondere Betriebsleistungen über einen Zeitraum von bis zu 30 Jahren durch einen privaten AN ausgeführt.

Die Anteile der Kosten einzelner Betriebsleistungen an den Gesamt-Betriebskosten wurden im Rahmen einer empirischen Untersuchung von mehreren aktuellen PPP-Schulprojekten ermittelt [1]. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abb. 1 dargestellt. Die Untersuchung hat ergeben, dass die Kosten für die Versorgung der Objekte mit Energie (Strom und Wärme) sowie mit Trinkwasser einen Anteil von insgesamt 18,3 % (16,8% +1,5%) an den Gesamtkosten aufweisen, und somit gemeinsam mit den Reinigungs- und Pflegedienstleistungen den zweitgrößten Kostenblock darstellen. Bei der Ermittlung dieses Anteils ist die Art der Verbrauchsgarantie (vgl. Kap. 3.1) zunächst unerheblich.

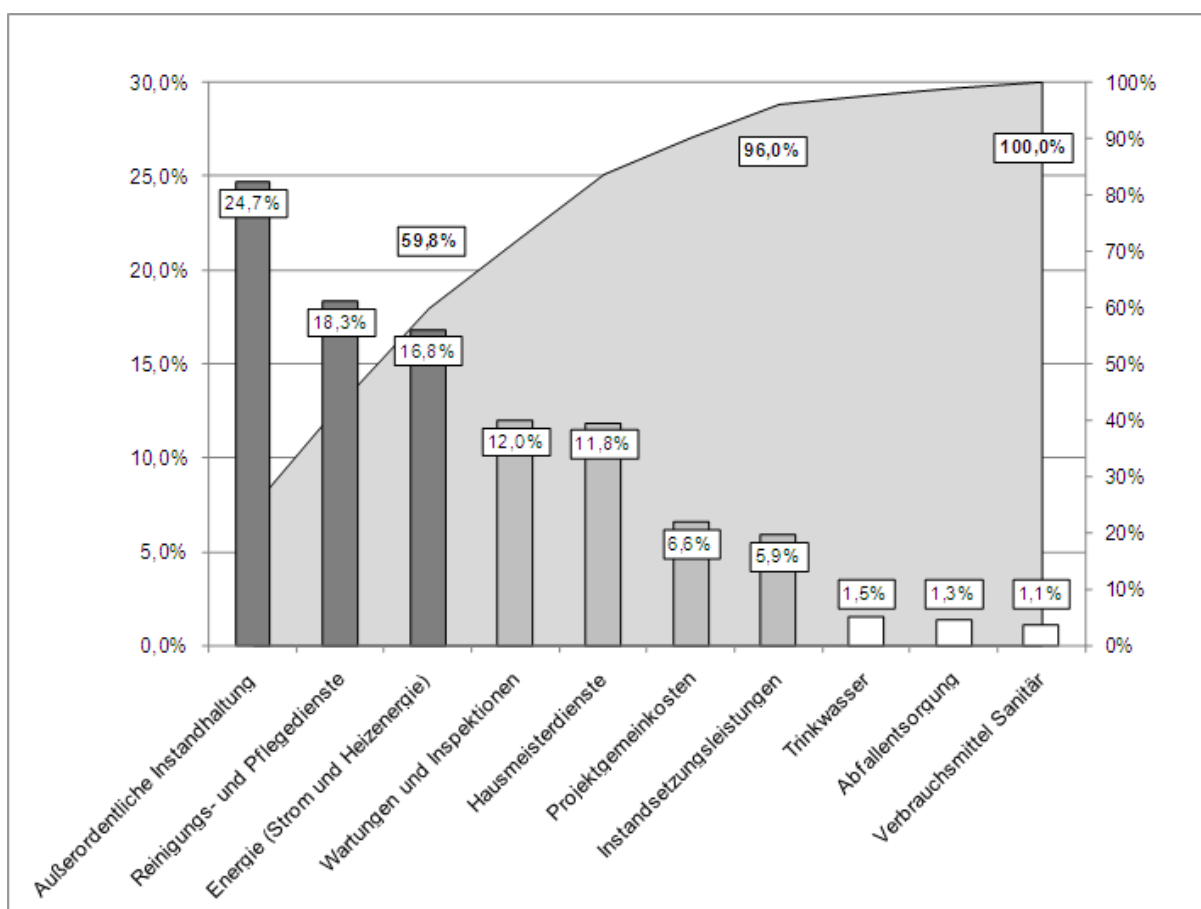


Abb. 1: Typische Verteilung der Kosten für betriebsphasenspezifische Leistungen im Rahmen von PPP-Schulprojekten [1]

Der relativ hohe Anteil der Verbrauchskosten an den Gesamtkosten verdeutlicht die Relevanz dieses Leistungsanteils. Im Zuge der Angebotsphase sind daher die Verbrauchskosten ein wesentliches Wettbewerbskriterium, welches von diversen Faktoren beeinflusst wird. So muss der private Bieter in der Angebotsphase auf Basis diverser Eingangsparameter eine möglichst genaue Einschätzung der zukünftigen Verbräuche vornehmen. Neben den Nutzungsprofilen, in welchen u. a. die Nutzeran-

zahl, die Nutzungszeiten und -arten hinterlegt sind, beeinflussen insbesondere die baulichen Parameter die späteren Verbrauchshöhen und somit -kosten. Daher ist sowohl in der Angebots- als auch in der späteren Bau- und Betriebsphase eine enge Verzahnung der Bau- und der Betriebskompetenz von hoher Bedeutung.

Insgesamt stellt die Garantie von Verbrauchsmengen bzw. -kosten ein Risiko dar, das bei allen im Rahmen der Bearbeitung dieses Aufsatzes untersuchten PPP-Schulprojekten vom privaten AN getragen wird. Dieses Risiko kann sowohl eine Chance (Unterschreitung der garantierten Verbräuche) als auch eine Gefahr (Überschreitung der garantierten Verbräuche) bedeuten.

## 2.2 Aufteilung der Verbrauchskosten auf einzelne Medien

I. d. R. werden im Rahmen von PPP-Hochbauprojekten vertragliche Regelungen zu allen drei relevanten Medien für die Versorgung der Objekte getroffen:

- Wärmeenergie
- elektrische Energie
- Trinkwasser (inkl. Abwasser)

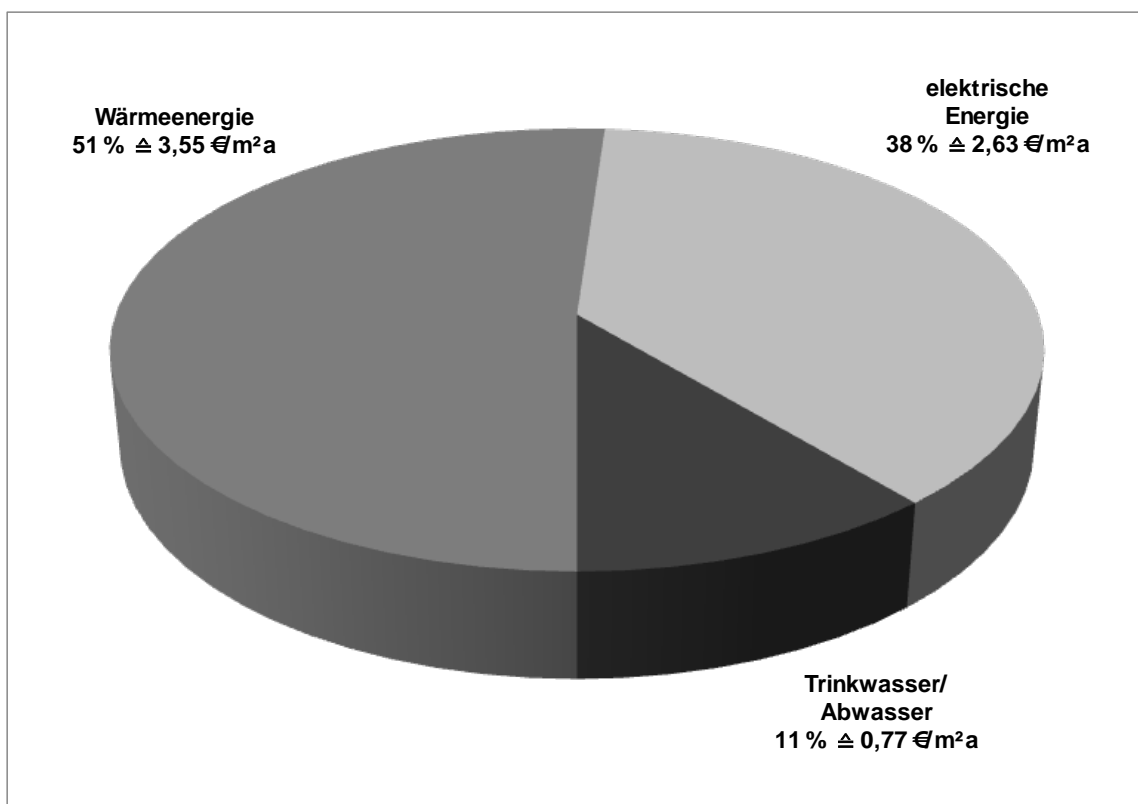


Abb. 2: Aufteilung der Verbrauchskosten am Beispiel eines PPP-Schulprojekts (Bezugsgröße m<sup>2</sup> BGF)

In Abb. 2 ist die Aufteilung der Verbrauchskosten aus einem aktuellen PPP-Schulprojekt auf die drei Medien Wärmeenergie, elektrische Energie und Trinkwasser inkl. Abwasser dargestellt. Die dargestellte Aufteilung ist durchaus repräsentativ und vergleichbar mit weiteren Untersuchungen zu Verbrauchskennzahlen bei PPP-Schulprojekten [1]. Die tatsächlichen Verbrauchskosten in €/m<sup>2</sup> BGF und Jahr je Medium sind auf dem Stand der derzeitigen Medienpreise für dieses Projekt ebenfalls ausgewiesen.

### **3 Vertragsgestaltung von Verbrauchsgarantien**

#### **3.1 Status quo der Vertragsgestaltung**

Als Grundlage dieses Aufsatzes wurden insgesamt neun aktuelle PPP-Schulprojekte hinsichtlich der vertraglichen Gestaltung der Verbrauchsgarantien empirisch ausgewertet. Die Gemeinsamkeiten der Vertragsgestaltungen dieser Projekte, bzw. die Besonderheiten, werden nachfolgend erläutert.

Bei der Vertragsgestaltung von Verbrauchsgarantien im Rahmen von PPP-Projekten im Schulbau wird grundsätzlich zwischen zwei Gestaltungsmöglichkeiten unterschieden: der Garantie reiner Verbrauchsmengen und der Garantie von vertraglich festgelegten Verbrauchskosten, jeweils pro Jahr. Die Auswertung der Verträge hat ergeben, dass die Aufteilung auf diese zwei Varianten in der Praxis relativ ausgeglichen ist. Bei insgesamt fünf Projekten wurden die Verbrauchsmengen garantiert, bei vier Projekten die Verbrauchskosten.

Bei der Garantie von Verbrauchsmengen werden die Verträge mit den Versorgungsunternehmen direkt vom öffentlichen AG abgeschlossen. Ein wesentlicher Vorteil bei dieser Vorgehensweise liegt darin, dass der öffentliche AG häufig bessere Konditionen für den Bezug von Verbrauchsmedien eingeräumt bekommt, als der private AN. Der öffentliche AG hat hierbei auch das Wahlrecht zwischen den verschiedenen Energieversorgern, was insbesondere bei der Versorgung mit elektrischer Energie derzeit zu relativ hohen Unterschieden bei den Verbrauchspreisen (Arbeitspreise) führt. Grundsätzlich sind bei der Garantie von Verbrauchsmengen für den Fall der Abweichung der einzelnen Jahresverbräuche vertragliche Regelungen vorgesehen. Bei den untersuchten Projekten mit Verbrauchsmengengarantie trägt der private AN die überschreitenden Verbrauchskosten für alle drei relevanten Medien (Wärme, elektrische Energie, Trinkwasser). Nur bei einem untersuchten Projekt ist das Trink- und Abwasser grundsätzlich nicht Bestandteil der Verbrauchsmengengarantie. Bei einer Unterschreitung der garantierten Verbrauchsmengen je Medium wird der private AN über einen festgelegten Prozentsatz an den eingesparten Verbrauchskosten beteiligt. I. d. R. liegt die Beteiligung bei 50 %, bei einem Projekt bei 25 %. Bei allen

untersuchten Projekten wird weiterhin das Risiko der Veränderung der Arbeitspreise durch den privaten AN getragen.

Bei der zweiten Variante, der Garantie von Verbrauchskosten, werden die Verträge mit den Versorgungsunternehmen direkt vom privaten AN abgeschlossen. Hierbei hat jedoch der öffentliche AG häufig ein Mitspracherecht. Bei dieser vertraglichen Variante ist die Wertsicherungsklausel ein wesentlicher vertraglicher Baustein [2]. Bei allen vier untersuchten Projekten ist eine Wertsicherung für die Leistung der Versorgung der Objekte mit den relevanten Medien vorgesehen. Häufig ist die Anpassung der Vergütung jedoch erst ab der Überschreitung eines prozentualen Schwellenwertes (Hurdle-Rate) möglich. Bei einem untersuchten Projekt ist die maximale Steigerung pro Jahr zudem begrenzt. Grundsätzlich kann der private AN bei dieser Variante einen Wettbewerbsvorteil durch den Einkauf von Verbrauchsmedien generieren.

Projekt	Garantie Verbrauchsmengen	Garantie Verbrauchskosten (wertgesichert)	Vertragsabschluss Versorgungsverträge durch öffentlichen AG	Vertragsabschluss Versorgungsverträge durch privaten AN
A	X		X	
B		X		X
C	X		X	
D		X		X
E		X		X
F	X		X	
G		X		X
H	X		X	
I	X		X	

Tab. 1: Vertragsgestaltung hinsichtlich der Verbrauchsgarantien bei neun PPP-Schulprojekten

## 3.2 Empfehlungen zur Vertragsgestaltung

Die Übertragung des Verbrauchsrisikos im Rahmen von PPP-Hochbauprojekten auf den privaten AN ist grundsätzlich sinnvoll. Dieses ist insbesondere in den Kompetenzen des privaten AN begründet [3]. So kann dieser im Rahmen der Lebenszykluskostenbetrachtung aufgrund der langen Laufzeiten der Betriebsphasen im Rahmen von PPP-Hochbauprojekten durch verschiedene bauliche und organisatorische Maßnahmen die Verbrauchsmengen maßgeblich beeinflussen und, im Falle von Sanierungsprojekten, zu einer deutlichen Reduzierung der im Vorfeld angefallenen Verbrauchsmengen beitragen.

Bei der Gestaltung der Vertragswerke im Hinblick auf die Versorgung der Gebäude mit den notwendigen Verbrauchsmedien sind aus operativer Sicht des Autors auf Basis der Erfahrungen aus laufenden Bestandsprojekten einige Punkte zu beachten, welche nachfolgend erläutert werden.

**Eine vertragliche Garantie reiner Verbrauchsmengen ist der Garantie von Verbrauchskosten grundsätzlich vorzuziehen.** Mehrere Aspekte sprechen hierbei für eine derartige Vorgehensweise. Zunächst ist es sinnvoll, im Rahmen eines PPP-Projekts die Verträge mit den i. d. R. öffentlichen Versorgungsunternehmen bei dem öffentlichen Partner zu belassen. Insbesondere aufgrund der häufig günstigeren Konditionen, zu denen der öffentliche Partner Verbrauchsmedien beziehen kann. Weiterhin wird das Vertragswerk durch diese Form der Verbrauchsgarantie verschlankt, da z. B. keine weiteren Vorgaben hinsichtlich der Wertsicherung der Preise der einzelnen Medien notwendig sind. Bei einer Garantie von Verbrauchsmengen sollte der private Partner aufgrund der Öffnung des Marktes für einzelne Verbrauchsmedien dennoch ein Mitspracherecht bei der Auswahl der jeweiligen Versorgungsunternehmen haben. Bei aktuellen PPP-Schulprojekten mit mehreren Liegenschaften liegen z. B. die Arbeitspreise für die Stromversorgung in einer Stadt aufgrund des Wettbewerbs um bis zu 35 % auseinander.

**Im Gegensatz zu der ebenfalls praktizierten Garantie von Verbrauchskosten, sollte bei einer Garantie von Verbrauchsmengen ein Anreizsystem für den privaten Partner als Vertragsbestandteil vereinbart werden.** Bei einer Überschreitung der garantierten Verbrauchsmengen sollte der private AN die überschreitenden Kosten für die jeweiligen Medien komplett tragen, bei einer Unterschreitung sollte er im Gegenzug zu einem definierten Anteil an den Einsparungen auf Basis der aktuellen Medienpreise partizipieren. Bei aktuellen Projekten liegt dieser Anteil i. d. R. bei 50 %, ein höherer Anreiz ließe sich erzielen, wenn dieser Anteil auf 75 % angehoben würde. Hierbei ist zu beachten, dass lediglich die reinen Verbrauchskosten (Arbeitspreise der Medien, keine Grundpreise) als Bemessungsgrundlage herangezogen werden sollten. Weiterhin sollte bei Projekten, welche mehrere Liegenschaften umfassen, das Anreizsystem objektübergreifend aufgebaut sein. Hierdurch hat der private AN die Möglichkeit, den Fokus auf einzelne Standorte zu legen. Der Bonus bzw.

Malus wird dann auf Basis der Verbräuche aller Standorte berechnet. Weiterhin besteht die Möglichkeit, das Anreizsystem darüber hinaus medienübergreifend zu gestalten. Auf diesem Weg wird dem privaten AN die Möglichkeit eingeräumt, einzelne Verbräuche zu optimieren, so z. B. den Trinkwasserverbrauch durch flächendeckende Installationen von wassersparenden Armaturen.

**Die Verbrauchswerte für die Wärmeenergie sollten auf Basis einer Witterungsberreinigung garantiert werden.** Auf diesem Weg wird das Witterungsrisiko nicht auf den privaten AN übertragen und ansonsten erforderliche Risikozuschläge durch den AN vermieden. Üblicherweise wird im Rahmen einer Witterungsberreinigung ein vergleichbarer Jahresverbrauch des heizwärmeversorgenden Mediums auf Basis festgelegter durchschnittlicher Jahresgradtage des betreffenden Standortes berechnet. Zur Ermittlung der jährlichen Gradtagszahlen wird die VDI-Richtlinie 4710 [4] herangezogen. Die Berreinigung des Verbrauchs erfolgt nach dem Verfahren der VDI-Richtlinie 3807 [5]. Als Resultat einer derartigen Berechnung darf der bereinigte Verbrauch in kälteren Jahren über dem garantierten Verbrauch liegen, in wärmeren Jahren dementsprechend darunter. Empfehlenswert ist weiterhin eine separate Betrachtung außentemperaturunabhängiger Verbraucher. Zu diesen zählen im Rahmen von PPP-Schulprojekten insbesondere Schulschwimmbäder und Warmwasserberreitungen, für welche eine Gradtagsberreinigung nicht sinnvoll ist. Auf diesem Weg lassen sich das Risiko für beide Vertragsparteien sowie die zu garantierenden Verbrauchsmengen weiter absenken.

**Von besonderer Bedeutung im Rahmen einer Garantie von Medienverbräuchen ist eine eindeutige vertragliche Festschreibung der zu Vertragsbeginn aktuellen Nutzungsprofile.** Wesentlich sind hierbei folgende Angaben:

- Nutzungszeiten der Objekte (Hauptnutzung, Drittnutzung)
- Nutzungsart (z. B. Unterrichtsnutzung, Vereinsnutzung etc.)
- Anzahl der Sondernutzungen
- Anzahl der mobilen elektrischen Verbraucher (z. B. Maschinen für Unterrichtszwecke, Privatlaptops etc.)
- Besonderheiten, wie z. B. Schließung der Objekte in den Schulferien

**Drittnutzungen, welche i .d. R. hohe Medienverbräuche verursachen und vom privaten AN nicht zu beeinflussen sind, wie z. B. der gewerbliche Betrieb von Cafeterien, sollten generell von der Verbrauchsgarantie ausgeschlossen sein.** Eine separate Zählung der einzelnen Medien für diese Drittnutzungen sollte hier für die Abrechnung vorgesehen werden.

**Bei einer Veränderung der Nutzungsprofile sollte die Möglichkeit bestehen, die garantierten Verbrauchsmengen anzupassen.** Als praktikabel hat sich hierbei eine jährliche Anpassung der Verbrauchsmengen auf Verlangen eines der Vertragspartner mit Wirkung zum Folgejahr herausgestellt. Stromverbraucher für Unterrichtszwe-



cke, wie z. B. digitale Whiteboards, sollten, sofern diese vertraglich nicht vom privaten AN zu beschaffen und zu betreiben sind, vom öffentlichen AG fortlaufend inventarisiert werden. Auf Basis der Inventarlisten lassen sich dann die garantierten Verbrauchsmengen für die elektrische Energie anpassen. Aufgrund der insbesondere in der Oberstufe und in Berufsschulen zunehmenden Nutzung von privaten Laptops zu Unterrichtszwecken (papierloser Unterricht), ist eine Erfassung und Fortschreibung der genutzten Geräte zur Anpassung des Nutzungsprofils ebenfalls erforderlich.

## **4 Optimierung der Verbrauchsmengen**

### **4.1 Durchführung einer strukturierten Verbrauchsanalyse**

Im Vorfeld der Betriebsübernahme von PPP-Schulprojekten, insbesondere von Sanierungsobjekten, sind mehrere Schritte zur Ermittlung der tatsächlichen Verbräuche sowie der jeweiligen Verbrauchstreiber notwendig. I. d. R. werden bereits den Ausschreibungsunterlagen Angaben zu den bisherigen Verbräuchen von Bestandsobjekten beigefügt. Auf Basis dieser Werte und der ebenfalls zu den Ausschreibungsunterlagen zählenden Nutzungsprofile, sowie unter Berücksichtigung der geplanten energetischen Sanierungsmaßnahmen, werden dann rechnerisch die zu garantierenden Verbrauchsmengen ermittelt.

Vor Übernahme der Betriebsleistungen werden im Rahmen der Start-Up-Phase die Liegenschaften begangen und der Anlagenbestand genau aufgenommen. Weiterhin werden die vorhandenen Zählerstrukturen erfasst. Während der ersten Betriebsmonate sollten dann die Verbräuche der einzelnen Medien objektspezifisch gezählt werden, um erste Erkenntnisse hinsichtlich der Verbrauchssituation zu gewinnen. Auf Basis der Bestandsaufnahme und der ersten Verbrauchsmengenermittlung sollte im Anschluss eine Prioritätenliste hinsichtlich der operativen Umsetzung erster Maßnahmen erstellt werden (s. Kapitel 4.2).

### **4.2 Handlungsempfehlungen zur operativen Umsetzung**

Nachfolgend werden wesentliche Maßnahmen zur Optimierung der Verbrauchsmengen im Rahmen von PPP-Schulprojekten, insbesondere bei Übernahme von Bestandsobjekten, dargelegt. Hierbei ist zwischen organisatorischen Maßnahmen und baulichen Maßnahmen zu unterscheiden. Diese lassen sich wie folgt weiter untergliedern.

Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung			
Organisatorische Maßnahmen		Bauliche Maßnahmen	
personell-organisatorische Maßnahmen		Maßnahmen mit geringfügigen Investitionen	Wärmeenergie (z. B. Austausch Thermostatköpfe)
vertraglich-organisatorische Maßnahmen			elektrische Energie (z. B. Austausch Leuchtmittel)
technisch-organisatorische Maßnahmen	Wärmeenergie (z. B. Absenkung Raumtemperaturen)	Maßnahmen mit umfangreichen Investitionen	Trinkwasser / Abwasser (z. B. Installation hocheffizienter Perlstrahler)
	elektrische Energie (z. B. Anpassung Schaltzeiten Beleuchtung)		Wärmeenergie (z. B. Dämmung Gebäudehülle)
	Trinkwasser / Abwasser (z. B. Einstellung Selbstschlussarmaturen)		elektrische Energie (z. B. Installation Präsenz- und Dämmerungsmelder)
			Trinkwasser / Abwasser (z. B. Installation wasserloser Urinale)

Tab. 2: Kategorisierung der Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung

Im Hinblick auf eine Kategorisierung der Einzelmaßnahmen ist einerseits das geschätzte Einsparpotenzial von Bedeutung, andererseits sind die mit der Einzelmaßnahme verbundenen Umsetzungskosten zu berücksichtigen. Darüber hinaus ist bei Projekten mit einer Vielzahl von Einzelliegenschaften, wie bei PPP-Schulprojekten durchaus üblich, eine Überprüfung hinsichtlich der Umsetzbarkeit der potenziellen Maßnahmen in den einzelnen Objekten notwendig. Auf diesem Weg lassen sich Maßnahmenschwerpunkte festlegen.

#### 4.2.1 Organisatorische Maßnahmen

Zu den organisatorischen Maßnahmen zur Verbrauchsoptimierung zählen Maßnahmen, welche keine baulichen Investitionen bedingen und insbesondere auf eine Veränderung des Handelns der am Projekt beteiligten Personen (Personal des privaten AN, Nutzer der Liegenschaften) abzielen.

Die organisatorischen Maßnahmen lassen sich in drei Kategorien einordnen:

1. personell-organisatorische Maßnahmen
2. vertraglich-organisatorische Maßnahmen
3. technisch-organisatorische Maßnahmen

Im Rahmen der **personell-organisatorischen Maßnahmen** sollte zunächst geklärt werden, welcher Mitarbeiter auf Seiten des privaten AN welche Aufgaben übernimmt. So sind neben der Gesamtverantwortung für die Reduzierung der Medienverbräuche, welche i. d. R. von der Projektleitung übernommen wird, weitere Verantwortungsbereiche festzulegen. Je nach Größe des Projekts sollte es operativ verantwortliche Mitarbeiter für die Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärtechnik, für die Mess- und Regeltechnik sowie für die Elektrotechnik geben. Diese Mitarbeiter verantworten die Optimierung der Verbräuche in ihrem Fachbereich. Darüber hinaus sind regelmäßige

Schulungen des Projektteams im Hinblick auf eine Reduzierung der Verbrauchsmengen von Bedeutung.

Weiterhin ist eine Einbindung des gesamten Projektteams in die Optimierungsmaßnahmen erforderlich. Hierbei ist eine Beteiligung des Teams vor Ort (Haustechniker, Hausmeister) sowie des Führungspersonals und des Bauteams wichtig. Durch eine ergebnisorientierte Vergütung (EOV) mit vereinbarten Einsparzielen wird für die Projektbeteiligten ein zusätzlicher Anreiz zur Reduzierung der Verbrauchswerte geschaffen.

Neben dem Projektteam sollten auch die Nutzer der Objekte informiert und in die Maßnahmen zur Reduzierung der Medienverbräuche eingebunden werden. Informationsveranstaltungen durch den privaten AN in den Schulen können dabei helfen, das Nutzerverhalten positiv zu beeinflussen.

Zu den **vertraglich-organisatorischen Maßnahmen** zählen insbesondere Maßnahmen zur Identifikation und Umsetzung der Vorgaben aus dem PPP-Projektvertrag. Hierbei besteht die erste Aufgabe darin, dass Vertragszoll zu identifizieren und organisatorisch umzusetzen. So werden in PPP-Verträgen i. d. R. Raumtemperaturen vorgegeben. In der Praxis wurde häufig festgestellt, dass diese Raumtemperaturen vor Betriebsübernahme durch einen privaten AN aufgrund fehlender Regelungen bzw. fehlender Anreize für die verantwortlichen Einheiten bei der öffentlichen Hand teilweise deutlich überschritten wurden. Daher ist hier zunächst eine Einregelung der Heizungsanlagen auf das geforderte Vertragszoll notwendig. Insbesondere aufgrund der Tatsache, dass eine Absenkung der Innenraumtemperatur um 1°C den Heizwärmeverbrauch um durchschnittlich 6% absenkt [6].

Weiterhin sollten die Lieferverträge der Versorgungsunternehmen geprüft werden. Bei deutlichen Reduzierungen der Verbrauchsmengen besteht hier häufig die Möglichkeit, Anschlusswerte für die einzelnen Liegenschaften zu reduzieren und hiermit weitere Kosten einzusparen. Je nach Vertragswerk kann der private AN an einer derartigen Einsparung beteiligt werden.

Drittnutzungen sollten ebenfalls zu Beginn der Betriebsphase geprüft und die Abrechnung der Medienverbräuche, insbesondere von Cafeterien, geklärt werden. Hieraus werden i. d. R. dann weitere bauliche Maßnahmen, wie die Installation von Unterzählungen, abgeleitet.

Eine weitere wesentliche vertraglich-organisatorische Maßnahme ist der Aufbau eines Systems zur Dokumentation der Veränderungen in den Nutzungsprofilen (siehe Kap. 3.2). Aufgrund permanenter Veränderungen hinsichtlich der Nutzeranforderungen müssen hieraus resultierende Veränderungen der Medienverbräuche dokumentiert und beim öffentlichen AG angemeldet werden. Neben Veränderungen der Nutzungszeiten betrifft dieses auch die Nutzung zusätzlicher elektrischer Geräte, insbesondere an berufsbildenden Schulen. Je nach vertraglicher Regelung werden dann

die garantierten Verbrauchsmengen für die kommende Abrechnungsperiode entsprechend angepasst.

Im Rahmen der **technisch-organisatorischen** Maßnahmen wird die Haustechnik optimiert, ohne bauliche Investitionen vorzunehmen. Im Hinblick auf die Reduzierung des Verbrauchs von Wärmeenergie zählen hierzu insbesondere Maßnahmen zur Verbesserung der Regelung der bestehenden Anlagen, z. B. die Reduzierung der Laufzeiten der Lüftungsanlagen und die Absenkung der Raumtemperaturen in nutzungsfreien Zeiten. Weiterhin lässt sich die Außenluftfrate in mechanisch belüfteten Räumen mit einer geringen Nutzung häufig herabsetzen, was neben einer Reduzierung des Wärmeverbrauchs bei einer Beheizung über die Zuluft ebenfalls zu einer Reduzierung des Stromverbrauchs führt.

Elektrische Energie lässt sich insbesondere durch die Überprüfung und Einstellung von vorhandenen Präsenz- und Dämmerungsmeldern für die Beleuchtungssteuerung einsparen. In der Vergangenheit wurde festgestellt, dass ein hohes Optimierungspotenzial bei PPP-Schulprojekten ebenfalls in der Steuerung der Beleuchtung der Außenanlagen liegt.

Eine Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs lässt sich kurzfristig durch eine Überprüfung und Reduzierung der Durchlaufzeiten von mechanischen Selbstschlussarmaturen erzielen. Ebenfalls lassen sich die Spülmengen bei in der Vergangenheit häufig eingesetzten automatischen und zeitgesteuerten Spülungen für Urinale i. d. R. deutlich reduzieren. Darüber hinaus lassen sich durch eine von Beginn an konsequente Aufzeichnung der Verbrauchsmengen, insbesondere auch über nutzungsfreie Zeiten, Undichtigkeiten im Trinkwassersystem schnell identifizieren und abstellen.

#### 4.2.2 Bauliche Maßnahmen

Die baulichen Maßnahmen zur Optimierung von Verbrauchsmengen unterscheiden sich in Maßnahmen mit geringfügigen baulichen Veränderungen bzw. Investitionen und Maßnahmen mit umfangreichen baulichen Veränderungen. Beide Kategorien lassen sich wiederum in die Maßnahmen zur Reduzierung der Verbräuche für Wärmeenergie, elektrische Energie und Trinkwasser unterteilen (siehe Tab. 2).

Maßnahmen mit **geringfügigen baulichen Investitionen** zur Reduzierung des Verbrauchs von **Wärmeenergie** lassen sich häufig kurzfristig zu Beginn der Betriebsphase bei der Übernahme von Sanierungsprojekten umsetzen. Hierzu zählt z. B. der Austausch alter Thermostatköpfe gegen voreingestellte Thermostatköpfe. Hierdurch werden die vertraglich vereinbarten Raumtemperaturen konstant gehalten, eine Fehlnutzung durch die Nutzer der Gebäude wird somit ausgeschlossen. Auch die Erneuerung von defekten Dichtungen an Fenstern und Außentüren und die Nachrüstung von Obentürschließern zwischen Nutzungsbereichen mit stark unterschiedlichen Temperaturen (Beispiel: Umkleidekabine 22°C, angrenzender Flur 12°C) sowie die

Entfernung von Heizkörperabdeckungen tragen dazu bei, kurzfristig Wärmeenergie einzusparen.

Sehr gute Erfolge wurden in der Vergangenheit durch geringfügige bauliche Investitionen im Bereich der Einsparung von **Trinkwasser** erzielt. So wurde bei einem umfangreicheren PPP-Schulprojekt durch die flächendeckende Installation von hocheffizienten Perlstrahlern an den vorhandenen Armaturen (Vermischung des durchfließenden Wassers mit Luft) sowie durch die Nachrüstung und Einstellung von mechanischen Selbstschlussarmaturen innerhalb des ersten Betriebsjahres bereits ca. 17 % des bisherigen Wasserverbrauchs eingespart, was einer Einsparung von etwa 3.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser entspricht. Bei einzelnen Liegenschaften konnten hierbei die Verbräuche um bis zu 47 % reduziert werden. Die Investitionskosten für derartige Perlstrahler amortisieren sich bei Schulprojekten i. d. R. innerhalb weniger Monate.

Im Bereich der geringfügigen baulichen Veränderungen zur Einsparung von **elektrischer Energie** sollten zunächst die bislang verwendeten Leuchtmittel überprüft und, je nach Sanierungskonzept, ggf. durch Energiesparprodukte ausgetauscht werden. Bei bereits vorhandenen Bewegungs- und Präsenzmeldern zur Steuerung der Beleuchtung empfiehlt es sich ebenfalls, diese zu überprüfen und die Schaltzeiten zu optimieren. Insbesondere bei älteren Schulgebäuden wurden in der Vergangenheit häufig überdimensionierte Warmwasserbereiter als Untertischgeräte mit unterschiedlich großen Speichern installiert. Hier sollte zunächst in Abstimmung mit den Nutzern eine Überprüfung des tatsächlichen Warmwasserbedarfs erörtert werden. Im Anschluss empfiehlt es sich, die tatsächlich notwendigen Geräte gegen sparsamere elektrische Durchlauferhitzer zu tauschen, insbesondere in Bereichen mit einer eher seltenen Warmwassernutzung.

Hinsichtlich der Maßnahmen mit **umfangreichen baulichen Investitionen** zur Reduzierung des Verbrauchs von **Wärmeenergie** stehen diverse Möglichkeiten zur Auswahl. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ist je nach Gebäudetyp, Nutzungsart und technischer Ausstattung unterschiedlich ausgeprägt. So sind Ertüchtigungen der Gebäudehülle (zusätzliche Wärmedämmungen, Austausch der Fenster etc.) insbesondere dann sinnvoll, wenn die energetische Qualität der Bauteile am Bestandsgebäude sehr niedrig ist und die Anforderungen an die Temperaturen im Gebäude sehr hoch sind (z. B. Schulschwimmbäder). Weiterhin hat sich bei Bestandsgebäuden die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs als sinnvoll erwiesen. Als Resultat wird neben Wärmeenergie auch elektrische Energie aufgrund dann reduzierter Pumpenleistungen eingespart. Im Hinblick auf die Warmwasserversorgung sollte zunächst geprüft werden, welche Räume tatsächlich Warmwasser benötigen. Kommt es hierbei zu deutlichen Reduzierungen der mit Warmwasser versorgten Bereiche, kann eine dezentrale Warmwasserversorgung Energie einsparen. In jedem Fall sollten lange Zirkulationsleitungen, wie sie teilweise bei der Versorgung von separaten Sporthallen bei älteren Schulgebäuden üblich sind, wegen der Wärmeverluste vermieden werden. Bei Gebäuden mit besonders hohem Warmwasserbedarf (z. B.

Sporthallen) ist für die Nutzungszeiten außerhalb der Heizperiode die Installation einer Solarthermieanlage sinnvoll.

Im Rahmen der umfangreichen baulichen Investitionen zur Einsparung von **Trinkwasser** hat sich die Umstellung von wassergespülten Urinalen auf wasserlose Urinale als wirtschaftlich erwiesen. Aufgrund der Weiterentwicklung der Technik, mittlerweile sind wasserlose Urinale aus Keramik mit speziellen Geruchsverschlüssen in Membrane-Technik erhältlich, wird diese Technik auch von den Nutzern akzeptiert. Weiterhin ist bei Schulkomplexen mit großen Außenanlagen, insbesondere Sportplätzen, zu prüfen, ob eine Speicherung des Regenwassers wirtschaftlich ist.

Auch im Hinblick auf die Einsparung von **elektrischer Energie** haben sich in der Vergangenheit diverse bauliche Maßnahmen mit umfangreichen Investitionen als wirtschaftlich erwiesen. Insbesondere der Austausch alter Beleuchtungssysteme gegen energiesparende Systeme, z. B. unter Einbindung von LED-Technik, kann hier die Stromverbräuche signifikant absenken. Der Einsatz von LED-Technik bietet sich insbesondere in Sporthallen an, welche einer starken Drittnutzung unterliegen, da diese Hallen dann auch an Wochenenden und in den Abendstunden genutzt werden. Aufgrund der derzeit noch relativ hohen Kosten für die Umrüstung auf LED-Technik sollte die Wirtschaftlichkeit rechnerisch überprüft werden.

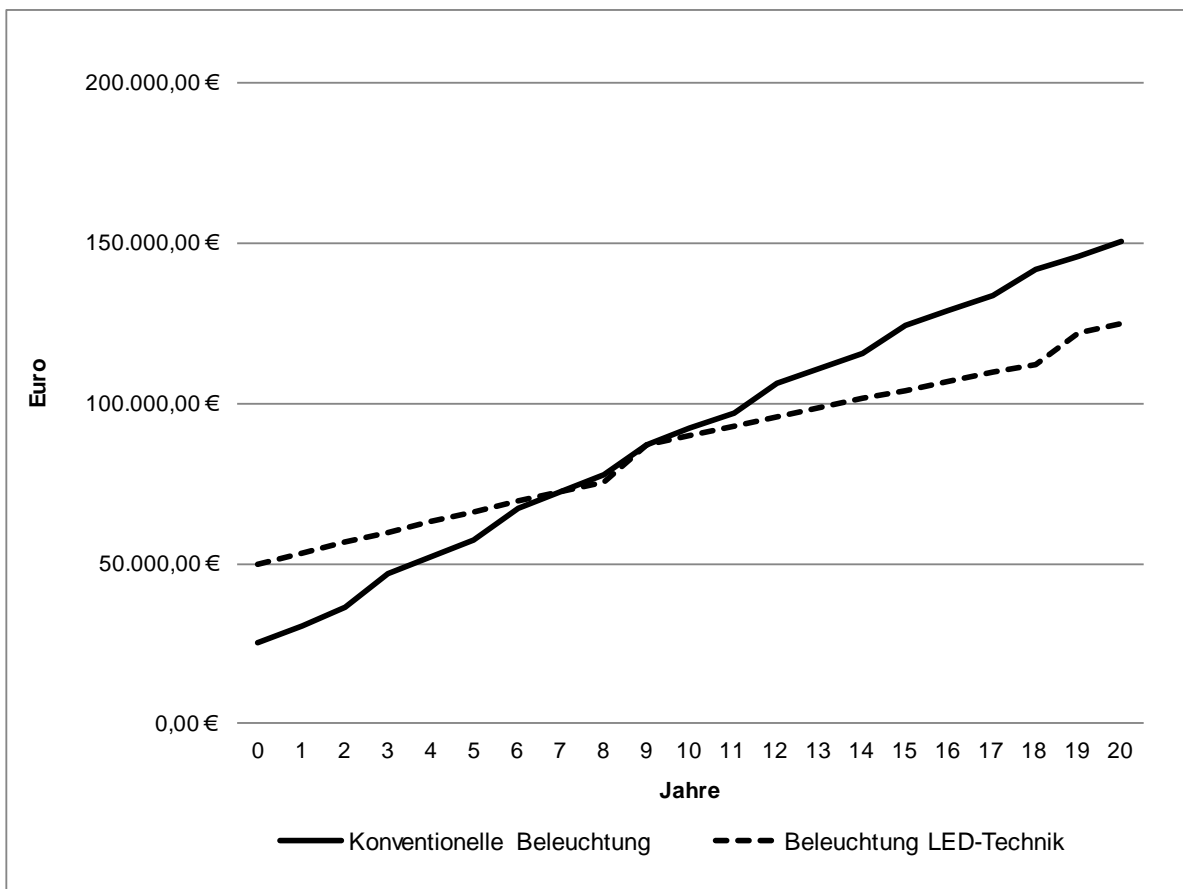


Abb. 3: Variantenvergleich Lebenszykluskosten Konventionelle Beleuchtung / LED-Technik für eine Schulsporthalle

In Abb. 3 ist ein Variantenvergleich zwischen einer konventionellen Beleuchtung einer Sporthalle mit Leuchtstoffröhren und einer Beleuchtung mit LED-Technik dargestellt. Trotz der höheren Erstinvestitionskosten zeigt die Lebenszykluskostenermittlung (Barwertmethode), dass aufgrund der deutlich längeren Lebensdauer der Leuchtmittel und der um ca. 30 - 40 % gesenkten Stromverbräuche die LED-Variante die wirtschaftlichere ist. Bei konventionellen Leuchtstoffröhren wird üblicherweise ein Austauschzyklus von drei Jahren angenommen, bei LED-Leuchtmitteln kann dieser nach den bisherigen Erkenntnissen auf neun Jahre ausgedehnt werden.

Darüber hinaus ist insbesondere in Bereichen mit unregelmäßiger Nutzung, wie z. B. Flurbereichen, Sporthallen, Umkleidebereichen und WCs, eine Installation von Dämmerungs- und Präsenzmeldern sinnvoll, in Sporthallen sollte eine zonenweise Schaltbarkeit der Beleuchtung möglich sein (Mehrfeldhallen). Auch der Austausch von alten Heizungspumpen gegen geregelte Pumpen, am besten in Verbindung mit einem hydraulischen Abgleich, verspricht ein hohes Einsparpotenzial.

### 4.3 Aufbau eines Regelkreises

Während und insbesondere nach der Umsetzung der Maßnahmen zur Reduzierung der Verbrauchsmengen ist eine permanente Kontrolle der Verbrauchsentwicklung über alle Medien notwendig. Hierbei kann zunächst durch eine mindestens monatlich stattfindende Ablesung ein Überblick gewonnen werden. Bei auffälligen Verbrauchswerten sollte der Ablesungsturnus entsprechend verkürzt werden.

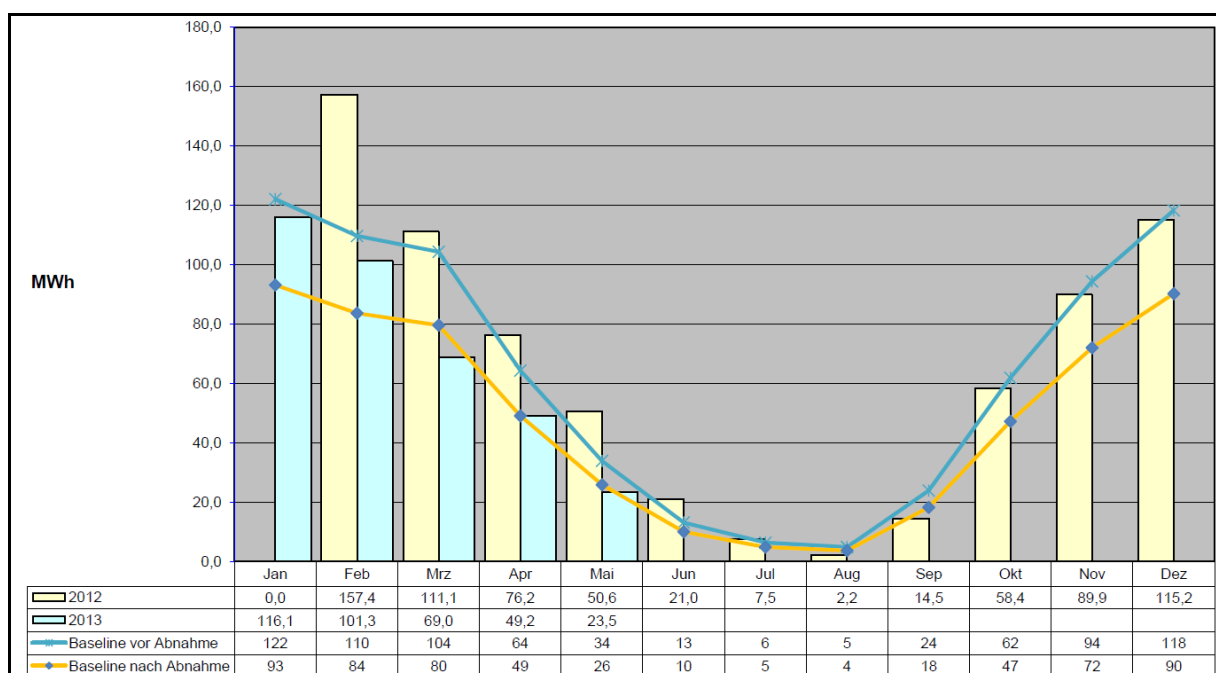


Abb. 4: Entwicklung Fernwärmeverbrauch Schulstandort mit Sport- und Schwimmhalle

In Abb. 4 ist die Entwicklung des Fernwärmeverbrauchs einer sich in der Sanierung befindenden Berufsschule mit Sport- und Schwimmhalle von Februar 2012 bis Mai 2013 dargestellt. Bei diesem PPP-Projekt werden Verbrauchsmengen durch den privaten AN garantiert. Zu erkennen ist die theoretische Baseline der garantierten Verbräuche vor und nach Abnahme. Die dargestellten tatsächlichen Verbräuche sind witterungsbereinigt (vgl. Kap. 3.2). Deutlich wird die bereits im Zuge der Sanierungsphase erzielte Reduzierung des Fernwärmeverbrauchs. In dem Zeitraum Februar bis Mai 2013 konnten insbesondere durch organisatorische Maßnahmen im Vergleich zum Vorjahr insgesamt 152 MWh Fernwärme eingespart werden, was einer Reduzierung um 39 % entspricht.

Insbesondere bei Sanierungsprojekten werden im Zuge der Sanierungsphase i. d. R. nicht alle Möglichkeiten der baulichen Maßnahmen zur Reduzierung der Energieverbräuche unmittelbar ausgeschöpft. Daher ist es wichtig, dass auch im Rahmen der baulichen Instandhaltung über die gesamte Vertragslaufzeit weitere Maßnahmen geplant, deren Wirtschaftlichkeit ermittelt und umgesetzt werden. Hierzu sind die garantierten und die tatsächlichen Verbrauchswerte der Liegenschaften im Sinne eines kontinuierlichen Regelkreises permanent abzugleichen und entsprechende Maßnahmen zur weiteren Optimierung einzuplanen. In Abb. 5 ist der Aufbau eines derartigen Regelkreises dargestellt.

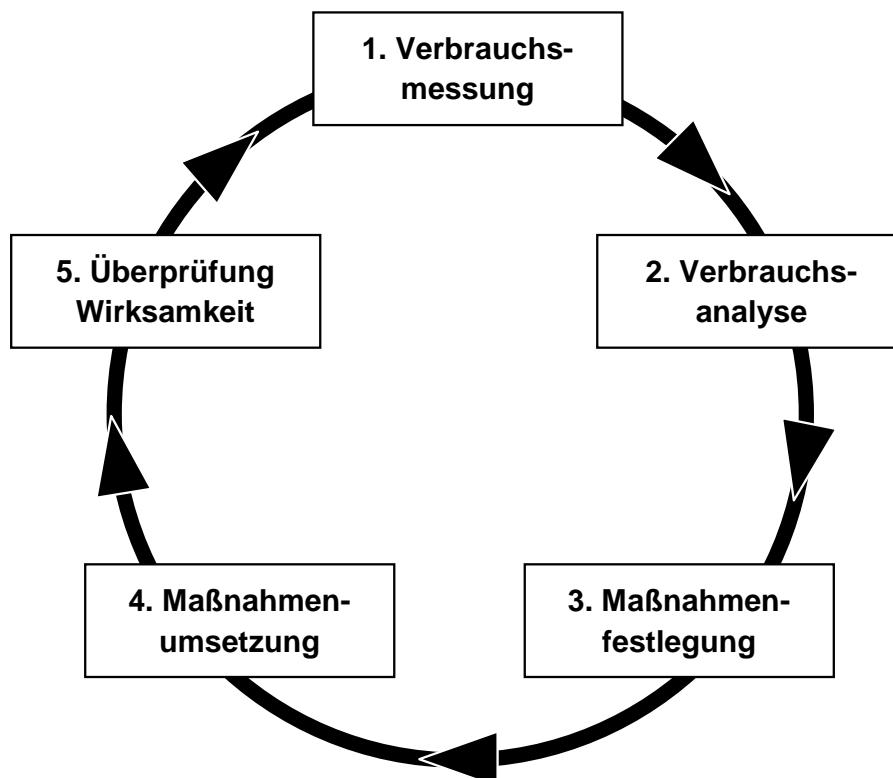


Abb. 5: Regelkreis zur Überwachung und kontinuierlichen Optimierung der Verbrauchsmengen



## 5 Fazit und Ausblick

Die Verbrauchskosten stellen einen wesentlichen Anteil der Lebenszykluskosten von PPP-Projekten im Schulbau dar. Grundsätzlich ist es sowohl aus Sicht des öffentlichen AG als auch aus Sicht des privaten AN sinnvoll, im Rahmen von PPP-Schulprojekten eine vertragliche Regelung zur Festlegung garantierter jährlicher Verbrauchsmengen zu gestalten. Hierbei ist neben einem Anreizsystem für den privaten AN und einer Witterungsbereinigung für die Wärmeverbräuche ebenfalls eine konkrete Vereinbarung zu den Nutzungsprofilen sowie eine Regelung im Fall der Veränderung dieser Profile während der Betriebsphase zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf die Optimierung der Verbrauchsmengen im laufenden Betrieb bei Sanierungsprojekten lassen sich durch organisatorische Maßnahmen sehr kurzfristig Einsparerfolge bei allen relevanten Medien (Wärmeenergie, elektrische Energie, Trinkwasser inkl. Abwasser) erzielen. Darüber hinaus sind durch bauliche Maßnahmen mittelfristig weitere Reduzierungen der Verbrauchsmengen möglich. Die baulichen Maßnahmen unterteilen sich in Maßnahmen mit geringfügigen und mit umfangreichen Investitionen. Grundsätzlich ist die Wirtschaftlichkeit dieser Investitionen über eine entsprechende Berechnung im Einzelfall zu prüfen. Auf diesem Weg lassen sich auch Prioritäten für optionale energetische Sanierungsmaßnahmen festlegen.

Während und nach Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen sind über einen Regelkreis die angefallenen Verbräuche permanent zu analysieren. Auf Basis dieser Ergebnisse lassen sich weitere organisatorische und bauliche Maßnahmen zur Optimierung der Verbrauchsmengen festlegen.

Die im Aufsatz dargestellten Empfehlungen lassen sich grundsätzlich auf anderweitige PPP-Hochbauprojekte mit einem Betriebsteil, z. B. Verwaltungsgebäude, Veranstaltungshallen oder öffentliche Schwimmbäder, übertragen. Darüber hinaus können die gewonnenen Erkenntnisse auch bei weiteren Projektformen mit einem ähnlich lebenszyklusübergreifenden Ansatz und entsprechend langen Vertragslaufzeiten zur Reduzierung der Lebenszykluskosten durch eine Verbrauchsoptimierung beitragen.

## Literatur

- [1] Stichnoth, Philipp: „Entwicklung von Handlungsempfehlungen und Arbeitsmitteln für die Kalkulation betriebsphasenspezifischer Leistungen im Rahmen von PPP-Projekten im Schulbau“, Dissertation, Universität Kassel, 2010.
- [2] Heidel, Robin: „Energiemanagement bei Öffentlich-Privaten Partnerschaften – Ein Referenzmodell für energieeffiziente Hochbauprojekte“, Dissertation, Bergischen Universität Wuppertal, 2012.

- [3] Racky, Peter; Stichnoth, Philipp: „Empfehlungen für die vertragliche Allokation betriebsphasenspezifischer Risiken bei PPP-Projekten im Schulbau“, in: Bauingenieur, Bd. 84, Nr. 12, 2009, S. 513-521.
- [4] VDI 4710:2007-05, Blatt 2 – Meteorologische Daten in der technischen Gebäudeausrüstung – Gradtage, Berlin: Beuth, 2007.
- [5] VDI 3807:2007-03, Blatt 1 – Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude - Grundlagen, Berlin: Beuth, 2007.
- [6] Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.: „Richtiges Heizen und Lüften“, Informationsmaterial der Verbraucherzentrale / Energieberatung Berlin, 4. Auflage September 2008.