



PROJEKTENTWICKLUNGSSPEZIFIKATION – STRASSENBELEUCHTUNG

VERSION 1.0 – MAI 2018



Dieses Projekt wurde im Rahmen der Fördervereinbarung 754056 des EU-Rahmenprogramms für Forschung und Innovation Horizon 2020 gefördert. Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Dokuments liegt bei den Autoren. Es gibt nicht zwangsläufig die Meinung der Europäischen Union wieder. Weder die EASME noch die Europäische Kommission sind für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

0.0 DAS INVESTOR CONFIDENCE PROJECT	4
0.1 PROJEKTENTWICKLUNGSSPEZIFIKATION	4
0.2 VERWENDUNG DIESER SPEZIFIKATION	5
0.3 DER PROJEKTENTWICKLUNGSPROZESS	6
0.4 ERMITTLUNG VON PROJEKTANSÄTZEN	8
1.0 ERMITTLUNG DER BASELINE (BASELINING)	11
1.1 ÜBERBLICK	11
1.1 BETRIEBS-/LEISTUNGSDATEN FÜR DIE BASELINE	12
1.2 STROMVERBRAUCHSDATEN	13
1.3 ANLAGENINFORMATIONEN	13
1.4 UNABHÄNGIGE VARIABLE DATEN	14
1.5 PROJEKTINVENTAR	14
1.6 JÄHRLICHER BASELINE-ENERGIEVERBRAUCH	15
1.7 REGRESSIONSANALYSE	16
2.0 EINSPARBERECHNUNGEN	18
2.1 ÜBERBLICK	18
2.2 ENTWICKELN DER EMPFOHLENE EEM	19
2.3 BERECHNUNG DER EINSPARUNGEN VON EEM: STROMVERBRAUCHSDATEN	20
2.4 BERECHNUNG DER EINSPARUNGEN VON EEM: GESCHÄTZTER JÄHRLICHER ENERGIEVERBRAUCH IM LEISTUNGSZEITRAUM	21
2.5 BERECHNUNG DER KOSTENEINSPARUNGEN AUF BASIS DER ENERGIEPREISE	22
2.6 INVESTITIONSKRITERIEN UND -PAKET	22
2.7 BERICHT	24
3.0 ENTWURF, BAU UND PRÜFUNG	25
3.1 ÜBERBLICK	25

3.2	OPV-PLAN	26
3.3	SCHULUNG	28
3.4	SYSTEMHANDBUCH	29
4.0	BETRIEB, WARTUNG UND MONITORING	30
4.1	ÜBERBLICK	30
4.2	BETRIEBS-, WARTUNGS- UND MONITORINGPROZEDUREN	31
4.3	SCHULUNG AN OM&M-PROZEDUREN	31
4.4	BETRIEBSANLEITUNG	33
5.0	MESSUNG UND VERIFIZIERUNG	34
5.1	ÜBERBLICK	34
5.2	M&V-PLAN UND -IMPLEMENTIERUNG AUF BASIS DES IPMVP	36
	Anforderungen	36
	M&V-Plan	36
	Anforderungen	37
	Anforderungen	39
5.3	REGRESSIONSBASIERTES MODELL: IPMVP-OPTION C	39
	Anforderungen	39
5.4	GESCHÄTZTE PARAMETER: IPMVP-OPTION A	40
	Anforderungen	40
5.5	ÜBERARBEITETE BERECHNUNGEN IPMVP-OPTIONEN A UND B	41
5.6	PLAN AUF BASIS ANGENOMMENER EINSPARUNGEN UND IMPLEMENTIERUNG	41
6.0	ERFORDERLICHE DOKUMENTATION	42

0.0 DAS INVESTOR CONFIDENCE PROJECT

Das Investor Confidence Project (ICP) bietet einen Rahmen für die Entwicklung von Energieeffizienzprojekten, der Projekte in verifizierbare Projektklassen standardisiert, um die mit der technischen Vertragszeichnung einhergehenden Kosten zu senken sowie die Zuverlässigkeit und Konsistenz der Energieeinsparungen zu erhöhen. Die ICP-[Protokolle](#) und das Zertifizierungssystem bieten einen umfassenden Rahmen mit Elementen, der flexibel genug ist, um die Vielzahl der Verfahren und Ressourcen aufzunehmen, die spezifisch für einzelne Projekte sind.

0.1 PROJEKTENTWICKLUNGSSPEZIFIKATION

Diese ICP-Projektentwicklungsspezifikation (Project Development Specification – PDS) bildet eine umfangreiche Ressource für Projektspezialisten, externe Quality Assurance Assessors und Investoren. Sie soll sicherstellen, dass Projekte in uneingeschränkter Konformität mit den ICP-Protokollen entwickelt werden. Dieses Dokument enthält wesentliche Informationen über die Anforderungen des Protokolls, Best Practices, Aufgaben des Qualitätsmanagements und Referenzen, um sicherzustellen, dass alle Beteiligten auf der Grundlage gemeinsamer Anforderungen und Praktiken arbeiten.

Projekte, die das ICP-System erfolgreich durchlaufen und den Protokollen entsprechen, können als [ICP Investor Ready Energy Efficiency](#)-Projekt (IREE-Projekt) zertifiziert werden. Das garantiert Investoren, dass ein Projekt den ICP-Protokollen entspricht, eine Standarddokumentation hat und von einem Dritten verifiziert wurde. Investoren können daher sicher sein, dass das Projekt nach einheitlichen Best Practices der Branche entwickelt wurde.

ICP ist vertragsunabhängig und garantiert keine Energie- oder Kosteneinsparungen und legt keine Leistungsanforderungen für Projekte fest. ICP kann dazu beitragen, die Risiken für Investoren bei ICP-konformen Projekten zu reduzieren, aber es eliminiert nicht selbst das Risiko. Beispiele für Risiken, die nicht in den Geltungsbereich von ICP fallen, aber bei der Umsetzung eines gut geplanten Energieeffizienzprojekts berücksichtigt und adressiert werden müssen, wären u. a.:

- vertragliche Risiken
- Budgetrisiken
- Programmrisiken/Zeitverzögerungen
- Risiken im Zusammenhang mit Dritten, z. B. Gerätlieferanten oder Monteuren
- Auswahl von Geräten minderer Qualität
- Ertragsausfälle, z. B. Anreize für die Erzeugung regenerativer Energien
- Risiken, die mit der Erbringung öffentlicher Dienstleistungen einhergehen

0.2 VERWENDUNG DIESER SPEZIFIKATION

Diese PDS dient der Unterstützung der Anforderungen an Elemente, Verfahren und Dokumentationen, die im ICP-[Protokoll](#) für Straßenbeleuchtung aufgeführt sind. Der Aufbau dieses Dokuments orientiert sich am Protokoll und nutzt dieselben fünf Kategorien, die den Lebenszyklus eines gut geplanten und umgesetzten Energieeffizienzprojekts abbilden. Innerhalb der einzelnen Kategorien gibt dieses Dokument einen Überblick über die Anforderungen, Best Practices, Qualitätssicherungsaufgaben und verfügbaren Ressourcen.

Investoren in Energieeffizienzprojekten wie Anlageneigentümer, Energiedienstleister, Finanzunternehmen, Versicherungen und Versorgungsprogramme sind einem Leistungsrisiko ausgesetzt, verfügen aber oft nicht über das notwendige Fachwissen, um die komplexen technischen Details eines Energieeffizienzprojekts zu bewerten. Unabhängig vom Fachwissen und den Kompetenzen der Investoren können Transaktionskosten entstehen, wenn mehrere Investoren ein Projekt evaluieren und jeweils einen teuren und zeitaufwendigen technischen Due-Diligence-Prozess durchführen.

Aus diesem Grund ist es wichtig, dass der Projektinvestor ein Team mit Erfahrung und Kompetenzen in der Entwicklung von Energieeffizienzprojekten auswählt und beauftragt, das bereit ist, sich mit den ICP-Protokollen auseinanderzusetzen und nach diesen zu arbeiten. Nur Projekte, die von Mitgliedern des ICP Quality Assurance Assessor Network for Street Lightning geprüft wurden, können eine IREE-Zertifizierung erhalten.

Das Projektentwicklerteam ist zuständig für die Entwicklung eines Projekts, das auf soliden ingenieurtechnischen Prinzipien und Best Practices basiert, wie sie in diesem Dokument beschrieben werden. Für die Entwicklung der einzelnen Komponenten des Projekts muss es branchenübliche Standardkonzepte nutzen. Diese PDS beschreibt die Mindestanforderungen und die Ressourcen, die jedes Teammitglied nutzen sollte, um nach diesen Industriestandards und Protokollen sowie ggf. Best-Practice-Ansätzen zu arbeiten.

Der ICP Quality Assurance Assessor muss eine vom Projektentwickler unabhängige Partei sein. Seine Aufgabe besteht in der Prüfung der entwickelten Komponenten und der Projektdokumentation. Damit gewährleistet er, dass die Spezifikationen dieser PDS eingehalten werden. Bewährt hat sich die frühzeitige Einbindung des QA Assessors in den Prozess der Projektentwicklung, sodass Probleme im Verlauf des Projekts erkannt und gelöst werden können – statt erst am Ende eines Projekts, wenn benötigte Informationen schwer zu beschaffen sind oder Änderungen weitreichende (und schwerwiegende finanzielle) Auswirkungen haben können. Der QA Assessor muss sich auf die Anforderungen in jedem Abschnitt dieser Spezifikation und die aufgelisteten QA-Aufgaben beziehen, um den Prozess der Evaluierung und letztendlich der Abnahme eines Projekts protokollkonform zu begleiten.

Im Allgemeinen ist es für den QA Assessor nicht möglich oder notwendig, den gesamten Projektentwicklungsprozess nachzubilden. Die QA-Arbeiten müssen die Nutzung der verfügbaren Ressourcen umfassen, um die Bereiche eines Projekts mit dem größten Maß an potenzieller Unsicherheit und Risiko zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten. Der QA Assessor muss einen kooperativen Ansatz verfolgen und mit dem Projektentwicklungsteam zusammenarbeiten, um Probleme zu lösen und eine finanziell solide Investition zu entwickeln, die auf belastbaren technischen und konservativen Annahmen beruht.

0.3 DER PROJEKTENTWICKLUNGSPROZESS

Das ICP-Rahmenwerk ist in fünf Kategorien unterteilt, die den gesamten Lebenszyklus eines gut geplanten und umgesetzten Energieeffizienzprojekts abbilden.

1. **Ermitteln der Baseline**
2. **Einsparberechnungen**
3. **Entwurf, Bau und Prüfung**
4. **Betrieb, Wartung und Monitoring**
5. **Messung und Verifizierung (M&V)**

Es ist wichtig, dass die Projektentwicklungsaktivitäten der Reihe nach durchgeführt werden, da die Entwicklung vorangegangener Komponenten eines Projekts Einfluss auf die nachfolgenden Projektkomponenten und -ergebnisse hat. So werden beispielsweise die Baseline- und Endnutzungs-Energieverbrauchsschätzungen bei der Begrenzung von Energieeinsparprognosen sowie bei der Messung und Verifizierung verwendet. Ungenauigkeiten bei der Entwicklung dieser wichtigen Baseline-Komponenten können eine falsche Bewertung verifizierter Energieeinsparungen zur Folge haben.

Die folgende Tabelle gibt einen allgemeinen Überblick über die spezifischen Projektentwicklungs- und Qualitätssicherungsaktivitäten, die vom externen QA Assessor durchzuführen sind, sowie die Zeiträume innerhalb der Entwicklung eines Projekts, in denen diese Aufgaben durchzuführen sind.

STUFE	Baseline entwickeln	Einsparberechnungen / Investitionspaket	Entwurf, Bau und Prüfung	Betrieb, Wartung und Monitoring	Messung und Verifizierung
PROJEKTAUFGABEN	Einen Baseline-Ansatz auswählen	Erste Einsparberechnungen entwickeln	Einen OPV-Beauftragten ernennen	Ein laufendes Managementsystem wählen und dokumentieren, z. B. periodische Inspektionen / aM&T	Einen IPMVP-basierten M&V-Plan entwickeln
	Anlagendaten, Pläne, Zeichnungen und Anlagenregister erfassen	Vorläufige Kostenschätzungen erstellen	OPV-Plan entwickeln	OM&M-Plan entwickeln	Einen M&V-Spezialisten beauftragen
	Gemeinsam mit dem M&V-Spezialisten die Messgrenze definieren	Bevorzugte Finanzanalyse-Kennzahlen ermitteln	Ggf. Vorgaben für die Entwicklung und Umsetzung der Schulung machen	Ggf. Vorgaben für die Entwicklung und Umsetzung der Schulung der Bediener machen	Den M&V-Plan, Input-Datensätze, Annahmen und Berechnungen allen Parteien zur Verfügung stellen
	Baseline-Zeitraum festlegen	Ein Bündel empfohlener EEM entwickeln	Vorgaben für das Aktualisieren des Systemhandbuchs (sofern vorhanden) machen	Vorgaben für das Aktualisieren der Betriebsanleitung (sofern vorhanden) machen	Option A/B: Energie-/Leistungsdaten nach Modernisierung erheben
	Stündliche Stromverbrauchsdaten, unabhängige Daten, Tarifplan, früheren Energieverbrauch und unabhängige variable Daten erfassen	Ein Projektinventar für die vorgeschlagenen EEM entwickeln	Wenn kein Systemhandbuch vorhanden ist, mindestens ein vollständiges Inventar der installierten Geräte vorlegen	Vorgaben für die Entwicklung und Ausführung von Anweisungen für das Informieren der betroffenen Stakeholder machen	Option A/B: Analyse der Leistungsdaten
	Die Projektgrenze definieren	Die jährlichen Gesamtbetriebsstunden schätzen	Ggf. Vorgaben für einen einfachen OPV-Bericht machen		Option A/B: Verifizierte Einsparberechnungen
	Ein Projektinventar entwickeln	Den geschätzten Jahresenergieverbrauch im Leistungszeitraum berechnen und dokumentieren			Option C: Verbrauchsdaten nach Modernisierung
	Die geschätzten Betriebsstunden, den Stromverbrauch und damit den Baseline-Energieverbrauch berechnen	Detaillierte Energieeinsparberechnungen entwickeln			Option C: Nicht routinemäßige Anpassungen ermitteln/quantifizieren
	Den Baseline-Energieverbrauch mittels stichprobenartiger Messungen überprüfen	Endgültiges Investitionspaket für EEM entwickeln			Option C: Regressionsbasierte Analyse
	Unabhängige variable Daten kalendarisieren	Abschlussbericht mit Zusammenfassung der EEM erstellen			Einen Plan auf Basis angenommener Einsparungen entwickeln
	Baseline-Energieverbrauchsmodell und Prüfgenaugigkeit definieren				
	Spitzenbedarf und Preise ermitteln (sofern Spitzenbedarfspreise gelten)				
	Den durchschnittlichen Tagesbedarf erfassen (wenn Leistungsentgelte oder nutzungszeitbasierte Preise gelten)				

AUFGABEN DER QUALITÄTSSICHERUNG	Gewählten Baseline-Zeitraum prüfen und genehmigen	Berechtigungsnachweise des Verantwortlichen für Energiemodell/Einsparberechnungen prüfen und genehmigen	Berechtigungsnachweise des OPV-Verantwortlichen prüfen und genehmigen	OM&M-Plan mit definierten Verfahren prüfen und genehmigen	Bei Verwendung eines messtechnischen Ansatzes: M&V-Plan prüfen und genehmigen
	Stromdaten und -tarife, signifikante variable Daten und Energie-Baseline prüfen und genehmigen	Berechtigungsnachweise des Verantwortlichen für die Bemessung der Beleuchtungsanlage prüfen und genehmigen	OPV-Plan prüfen und genehmigen	Gewähltes laufendes Managementsystem prüfen und genehmigen	Berechtigungsnachweise des M&V-Verantwortlichen prüfen und genehmigen
	Energieverbrauchsmodell prüfen und genehmigen	Stromeinsparberechnungen einschließlich unterstützender Daten prüfen und genehmigen	Systemhandbuch/vollständiges Inventar prüfen und genehmigen	Betriebsanleitung prüfen und genehmigen (sofern vorhanden)	Plan auf Basis angenommener Einsparungen prüfen und genehmigen
	Sofern verwendet, Regressionsmodell prüfen und genehmigen	Berechnung der jährlichen Betriebsstunden und des jährlichen Gesamtenergieverbrauch nach Modernisierung prüfen und genehmigen	Schulung prüfen und genehmigen (Anlagenpersonal konsultieren)	Schulung prüfen und genehmigen (Anlagenpersonal konsultieren)	
		Projektinventar prüfen und genehmigen			
		Investitionspaket prüfen und genehmigen			
		EEM-Bericht mit den endgültigen Energiekosteneinsparungen und Preisen für jede Maßnahme prüfen und genehmigen			

Schlüssel	
	Alle Ansätze
	Messtechnischer Ansatz
	Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen

0.4 ERMITTLUNG VON PROJEKTANSÄTZEN

Derzeit steht ein Protokoll zur Verfügung, das einen standardisierten Ansatz für die Entwicklung von Energieeffizienzprojekten im Bereich Straßenbeleuchtung beschreibt. Das Protokoll für Straßenbeleuchtung (Street Lighting Protocol) ist für folgende Projekte vorgesehen:

- **Austausch typischer Straßenbeleuchtungstechnik** – z. B. Aufrüstung bestehender Beleuchtungsarmaturen und zentraler Managementsysteme
- **Installation neuer Zusatzausrüstung einschließlich neuer Technologien im Rahmen eines Energieeffizienzprojekts** – z. B. Installation von WiFi-Hotspot-Technik oder öffentlichen Informationssystemen

Im Rahmen dieses Protokolls sind jedoch zwei unterschiedliche Baselineing-, Einsparberechnungs- und M&V-Ansätze zulässig. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens für die Entwicklung eines Energieeffizienzprojekts für Straßenbeleuchtung ist der wichtige erste Schritt im Prozess. Das muss die Bewertung der verfügbaren Anlageninformationen und variablen Daten sowie des Gesamtumfangs des Projekts einschließen.

Folgende Baselineing-, Einsparberechnungs- und M&V-Ansätze sind zulässig:

- **IPMVP-konformer messtechnischer Ansatz (IPMVP = International Performance Measurement and Verification Protocol):** Option A, B oder C kann sinnvoll sein. Dieser Ansatz schließt das direkte Monitoring (Messen) des Energieverbrauchs sowie die Berechnung der Energieeinsparungen auf Basis von IPMVP ein.
- **Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen:** Nutzung verlässlicher Anlageninformationen für die Entwicklung von Energieverbrauchsschätzungen. Dieser Ansatz umfasst die Ermittlung des Verbrauchs der Anlage vor und nach Umsetzung des Projekts auf der Basis angenommener Werte registrierter Anlagen und die anschließende Berechnung der Energieeinsparung auf Basis der Differenz zwischen diesen Schätzungen.

Jedes Projekt hat seine eigenen Charakteristika, aber auch Ressourcen- und Zeitbeschränkungen. Der Projektentwickler sollte mit den Investoren und dem Quality Assurance Assessor zusammenarbeiten, um den am besten geeigneten Ansatz für ein bestimmtes Projekt zu ermitteln. Der messtechnische Ansatz gilt als Best Practice und ist stärker auf die von anderen ICP-Protokollen vorgeschriebenen Verfahren ausgerichtet. Wenn die Rechnungen des Stromanbieters für die Straßenbeleuchtungsanlage auf dem gemessenen Verbrauch basieren bzw. das Energie-Monitoring Teil eines bestehenden Managementsystems bildet, ist der messtechnische Ansatz zu bevorzugen.

In vielen Fällen erfolgt die Stromversorgung von Straßenbeleuchtungsanlagen jedoch ohne Verbrauchsmessung. Die Abrechnung basiert dann auf einem Register mit Anlagengebührencodes. Unter diesen Umständen bietet der Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen eine akzeptable Alternative, die im Einklang mit den im Protokoll für Straßenbeleuchtung definierten Verfahren angewendet werden sollte.

Wenn der IPMVP-konforme messtechnische Ansatz gewählt wird, müssen der/die Mess- und Verifizierungsansatz (bzw. die Ansätze) so früh wie möglich ermittelt und geplant werden. Ein Ansatz nach IPMVP-Option C, *Gesamtssystem*, bei dem die Rechnungen des Versorgers vor und nach der Umrüstung analysiert werden, um die Einsparleistung zu verifizieren, stellt ein umfassendes Nachweisverfahren für Einsparungen dar, eignet sich jedoch u. U. nicht für alle Projekte. Dieser Ansatz setzt voraus, dass die Energieeinsparungen signifikant genug sind, um einen erkennbaren Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch der Anlage zu haben (in der Regel mehr als 10 % des

Gesamtenergieverbrauchs). Bei den meisten Projekten, die eine Umrüstung der bestehenden Leuchtmittel auf LEDs einschließen, wird mit einer höheren Einsparung gerechnet. Wenn die Außenbeleuchtung jedoch Teil eines größeren Systems mit anderen Verbrauchern als Leuchtmitteln bildet, ist Option C möglicherweise nicht das beste Verfahren. Zusätzlich kann dieser Ansatz durch nicht routinemäßige Anpassungen erschwert werden, die quantifiziert und in die Analyse einbezogen werden müssen.

Bei Ansätzen nach IPMVP-Option A und/oder B, bei denen wichtige oder alle Parameter auf *Teilsystem-/Komponentenebene* gemessen werden, lässt sich die Leistung einzelner Maßnahmen getrennt erfassen. Das kann bei bestimmten Projekten der bessere Ansatz sein. Diese Ansätze erfordern jedoch Parametermessungen, die ein Monitoring durch das integrierte Managementsystem der Anlage oder Ferndatenerfassungsgeräte erfordern – Tools, die möglicherweise nicht bei allen Projekten verfügbar sind. Diese Ansätze müssen neben dem Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen evaluiert und in einen Gesamtplan integriert werden, der dem Umfang der Maßnahmen, ihren möglichen Wechselwirkungen und den verfügbaren Ressourcen Rechnung trägt.

1.0 ERMITTLUNG DER BASELINE (BASELINING)

1.1 ÜBERBLICK

Eine technisch fundierte Energieverbrauchs-Baseline ist der Ausgangspunkt für eine genaue Prognose der Energieeinsparungen und Grundlage für die Messung und Verifizierung nach Abschluss der Modernisierung und/oder des Retro-Commissioning. Aus der Baseline für die Straßenbeleuchtungsanlage muss hervorgehen, wie viel Energie über einen repräsentativen Zeitraum voraussichtlich verbraucht wird. Bei Projekten, die die IPMVP-Option C nutzen, ist das in der Regel ein Zeitraum von 12 Monaten. Die Baseline muss den gesamten Energieverbrauch innerhalb der Messgrenze abdecken:

- Gesamtstrombezug
- alle anderen Ressourcen, die als Brennstoff verbraucht werden, und sämtlicher Strom, der vor Ort aus alternativen Energiesystemen erzeugt wird
- alle von der Anlage erzeugten und genutzten regenerativen Energien

Zudem müssen die Auswirkungen unabhängiger Variablen wie Betriebsstunden und geänderte Leuchtstärkepegel auf den Energieverbrauch der Anlage berücksichtigt werden.

Der Prozess der Datenerhebung, -zusammenstellung, -analyse und -berichterstattung muss schlüssig, transparent und praktikabel sein. Interne Tools zur Durchführung dieser Aufgaben stellen einen vernünftigen Ansatz dar, es gibt jedoch eine Vielzahl von proprietären Tools, die viele dieser Aufgaben automatisieren, die als Teil des Projektentwicklungsprozesses gesehen werden müssen. Diese Tools können Daten automatisch vom Energieversorger herunterladen, Regressionen durchführen und die Daten visualisieren und bieten in der Regel auch Berichts- und Exportfunktionen. Mit vielen dieser Anwendungen lassen sich M&V-Analysen nach IPMVP-Option C durchführen oder Energieeinsparungen abschätzen.

Aus der folgenden Tabelle geht hervor, welche der in diesem Dokument beschriebenen Elemente für die einzelnen Baseline-Ansätze gelten:

Element	Abschnitt	Messtechnischer Ansatz	Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen
Betriebs-/Leistungsdaten für die Baseline	1.1	✓	✓
Stromverbrauchsdaten	1.2	✓	
Anlageninformationen	1.3	✓	✓
Unabhängige variable Daten	1.4	✓	
Projektinventar	1.5		✓
Geschätzter jährlicher Baseline-Energieverbrauch	1.6		✓
Regressionsanalyse	1.7	✓	

1.1 BETRIEBS-/LEISTUNGSDATEN FÜR DIE BASELINE

Die Erfassung von Systemleistungsdaten ist wichtig für den Entscheidungsprozess, der den Entwurf fundierter Lösungen und die Energieeinsparberechnungen begleitet. Die Systemdaten können durch Inspektionen/Erhebungen, Prüfung der Systemdokumentation, Beobachtungen und kurzzeitige Feldüberwachung oder -messungen erhoben werden.

Folgende Informationen können dabei erfasst werden: aktuelle Gerätebestandslisten, technische Spezifikationen für Geräte, Standortzeichnungen, Zustandserhebungen, Stromverteilungspläne, Kontroll- oder Betriebsbeschreibungen.

Bei der Datenerfassung müssen standardisierte Formate und Verfahren genutzt werden. Die Erfassung von Daten muss umfassend und spezifisch für das System selbst sein. Die Informationen müssen so erfasst werden, dass bei den nachfolgenden Aufgaben der Projektentwicklung einfach und klar auf sie Bezug genommen werden kann. Diese Ressourcen können dann einfach als Bezugspunkt genutzt, geteilt und bei der gesamten späteren Projektentwicklungsarbeit genutzt werden: Beschreibungen der EEM, EEM-Einsparberechnungen, Kostenschätzung, Planung und Bau, Prüfung der Funktionsleistung, Betrieb, Wartung und Monitoring (OM&M) sowie Messung und Verifizierung (M&V). Fehlen diese Datenquellen, können darunter andere Aufgaben der Projektentwicklung leiden.

Das Erhebungsverfahren sollte folgende Anforderungen erfüllen:

- *EN 16247-1 Energieaudits – Allgemeine Anforderungen*
- *ISO 50002 Energieaudits – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung.*

Dem liegt das Konzept zugrunde, dass Fachleute im Energiebereich mit unterschiedlicher (aber angemessener) Kompetenz und Erfahrung in der Lage sein sollten, ein bestimmtes Verfahren zu befolgen und standardisierte Werkzeuge zu nutzen, sodass sie unabhängig voneinander auf umfassende und präzise Art dieselben Informationen erfassen würden.

1.2 STROMVERBRAUCHSDATEN

Die Erfassung von Stromverbrauchsdaten ist ein wichtiger Bestandteil der Entwicklung der Baseline für Straßenbeleuchtungsprojekte. Dabei müssen sämtliche Stromverbräuche, die die definierte Messgrenze erreichen oder verlassen, berücksichtigt werden und als Input für die Baseline- und Einsparberechnungen dienen.

Die Messung mittels Sub-Zählern ist ein präzises Verfahren für die Ermittlung des Energieverbrauchs der Endnutzung. Wenn Endnutzungen aufgrund unabhängiger Variablen variieren, muss der Messzeitraum einen Zeitraum umfassen, in dem die Minimal- und die Maximallast erfasst werden. Der Strom für die Leuchten wird offenkundig die primäre Endnutzung sein. Die wichtigste unabhängige Variable ist hier typischerweise die Anzahl der Dunkelstunden. Anschließend kann mittels Regressionsanalyse der jährliche Energieverbrauch für die Endnutzung geschätzt werden.

Bei Erfassung des historischen Energieverbrauchs muss es das Ziel sein, 100 % des Stromverbrauchs zu berücksichtigen. Wenn die Stromrechnungen auf dem geschätzten Zählerverbrauch basieren, sollten die Zählerstände direkt (manuell oder automatisch) abgelesen werden. Diese Daten sollten als Grundlage für eine Analyse verwendet werden, die den Anforderungen des IPMVP entspricht. Die Baseline ist entsprechend um Daten zu bereinigen oder anzupassen, die nicht repräsentativ für typische Betriebsbedingungen sind.

Daten, die nicht Kalendermonatszeiträumen entsprechen (z. B. bei zwei Teilmonaten), müssen in Kalendermonate umgerechnet werden. Ermitteln Sie dazu den durchschnittlichen Tagesverbrauch in jedem Teilmonat und multiplizieren Sie den durchschnittlichen Tagesverbrauch mit der Gesamtzahl der Tage im Kalendermonat.

1.3 ANLAGENINFORMATIONEN

Die genaue Erfassung von Gebäudeanlagen sowie Betriebs- und Leistungsdaten ist entscheidende Voraussetzung für den Entscheidungsprozess. Diese Daten bilden die Grundlage aller wichtigen

Investitionsentscheidungen einschließlich Nachverfolgung der Gebäudeperformance, Bewertung der Energieeinsparmöglichkeiten, Realisierung von Investitionen in EEM sowie Leistungsüberwachung. Es ist das Ausmaß der Straßenbeleuchtungsanlage zu ermitteln, das sich auf den physischen Geltungsbereich des vorgeschlagenen Projekts bezieht. Dabei sind ggf. Pläne und Zeichnungen, Anlagenregister und Ortsbegehungen zu nutzen.

Die wichtigen (verfügbaren) Systeminformationen, die ermittelt werden müssen, sofern sie für die EEM relevant sind, umfassen:

- 1) Übersicht über die Systembeschreibung, z. B. aus Betriebs- und Wartungshandbüchern
- 2) Systempläne und andere Installationszeichnungen/-pläne
- 3) Details der Energie verbrauchenden Komponenten und Geräte, einschließlich Typ, Anzahl, Kapazität, Betriebsstunden, Standort, versorgte Gebiete und Steuervorrichtungen:
 - a) Beleuchtungsarmaturen
 - b) Vorschaltgeräte oder Treiber
 - c) Stromversorgung einschließlich Kabelverluste
 - d) Sensoren für Präsenz- und Lichtstärkerkennung
 - e) Zusatzgeräte, z. B. Mobilfunkzellen, Sensoren zur Überwachung der Luftverschmutzung
- 4) Zentrales Managementsystem
 - a) Informationen dazu, wie die Systeme gesteuert werden, einschließlich wichtiger Daten wie Einstellpunkte und Zeituhreinstellungen
 - b) Informationen zu zugehörigen Datenübertragungsmodulen

Wenn der Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen genutzt wird, gibt es eine zusätzliche Anforderung für ein detailliertes Projektinventar (siehe dazu Abschnitt 1.5).

1.4 UNABHÄNGIGE VARIABLE DATEN

Bei Verwendung eines messtechnischen Ansatzes und für den definierten Zeitraum, sofern relevant für die EEM und ermittelte Abweichungen im Stromverbrauch innerhalb der Messgrenze, erfassen Sie verfügbare Daten zu relevanten unabhängigen Variablen. So können z. B. die Wetterbedingungen oder die Anzahl der Lampenausfälle benötigt werden, um ein genaues Regressionsmodell entwickeln zu können.

1.5 PROJEKTINVENTAR

Bei Projekten nach dem Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen muss direkt nach der Erfassung der Anlageninformationen ein Projektinventar für alle zu entfernenden oder auszutauschenden Anlagenteile entwickelt werden. Je nach Land oder Standort, in/an dem das Projekt stattfindet, sollte ein

Straßenbeleuchtungsinventar idealerweise folgende Angaben enthalten: Position der Beleuchtungsarmatur, ihre Position auf der Straße, Straßenname, Montagehöhe und Gerätetyp. Zudem kann es zugehörige Codes für die Steuerung des Straßenbeleuchtungssystems enthalten.

Erheben Sie die Anzahl der einzelnen Gerätetypen, einschließlich der nicht betriebsbereiten Geräte, und ermitteln Sie den zugehörigen Stromverbrauch für jedes Gerät (siehe Abschnitt 1.6).

1.6 JÄHRLICHER BASELINE-ENERGIEVERBRAUCH

- 1) **Schätzen Sie die Gesamtzahl der jährlichen Betriebsstunden (,Brennstunden‘) der zu modernisierenden Lampen** – das sollte nach einem national/international anerkannten Ansatz erfolgen, der mögliche Effekte mit Auswirkungen auf die Betriebsstunden berücksichtigt. Jedes Inventar oder Anlagenregister muss Angaben zu Brennstunden enthalten und kann als Quelle für diese Schätzung genutzt werden. In Fällen, in denen eine solche standardisierte Zahl nicht verfügbar ist, nehmen Sie entweder eine Vor-Ort-Messung vor oder ermitteln in Absprache mit dem Anlagenbetreiber eine konservative Schätzung der Brennstunden.
- 2) **Berechnen Sie den geschätzten Stromverbrauch** – unter Rückgriff auf den entsprechenden Stromverbrauch und der geschätzten Betriebsstunden jedes Geräts innerhalb der Projektgrenze. Wenn den Daten des Herstellers, dem offiziellen Anlagenregister (Datenbank), welches für Abrechnungszwecke verwendet wird, oder national anerkannten Referenzdokumenten keine Angaben zum Stromverbrauch zu entnehmen sind, müssen Vor-Ort-Messungen erfolgen. Dabei kann ein Ansatz mit stichprobenartigen Messungen genutzt werden, sofern eine Beschreibung vorgelegt wird, wie jede Stichprobengröße ermittelt wurde und welche Genauigkeit gegeben ist. In der Regel wird es einen Kompromiss zwischen Stichprobenfehler und Messkosten geben. Hinweise zum stichprobenartigen Messen finden Sie in *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (Abschnitt 3)*. Sorgfalt ist bei dimmbaren Lampen geboten. Schätzungen des Stromverbrauchs bei verschiedenen Dimmstufen müssen auf derselben Quelle basieren. In Fällen, in denen die Dimmstufe von örtlichen Bedingungen (Tageslichtsensorik, Präsenzerkennung von Personen oder Verkehr usw.) bestimmt wird, müssen Schätzungen des Stromverbrauchs konservativ und projektübergreifend einheitlich sein.
- 3) **Berechnen Sie den geschätzten Stromverbrauch** – multiplizieren Sie dazu die jährlichen Betriebsstunden mit dem Stromverbrauch für jeden Gerätetyp innerhalb der Projektgrenze und anschließend mit der Anzahl aller Geräte, um den geschätzten Baseline-Stromverbrauch zu ermitteln. Um die relative Genauigkeit der geschätzten Baseline sicherzustellen, sollten Kontrollen durchgeführt werden. Diese sollten nach Möglichkeit durch Vergleichen der Ergebnisse mit national anerkannten Benchmarkdaten erfolgen.

1.7 REGRESSIONSANALYSE

Die Normalisierung dient der Analyse, Vorhersage und dem Vergleich der Energieeffizienz unter äquivalenten Bedingungen. Die regressionsbasierte Energiemodellierung ist eine spezifische Art der Normalisierung und beinhaltet die Entwicklung einer Energieverbrauchsformel, die die abhängige Variable (Gesamtenergieverbrauch der Anlage/Geräte) in Beziehung zu unabhängigen Variablen setzt, von denen bekannt ist, dass sie den Energieverbrauch der Anlage oder der Geräte signifikant beeinflussen. Typische unabhängige Variablen sind wetterbezogene Daten und können andere Variablen wie die Betriebsstunden einschließen.

Bei einem Ansatz nach IPMVP-Option C ist für die Entwicklung des Baseline-Energieverbrauchsmodells in der Regel ein Regressionsmodell erforderlich. Bei einem Ansatz nach IPMVP-Option A oder B ist dies die Baseline auf Teilsystem-/Komponentenebene (Retrofit Isolation). Diese kann je nach der Beziehung zwischen den Energieverbrauchsdaten und den unabhängigen Variablen ebenfalls eine Regressionsanalyse erfordern.

Die Energieverbrauchsformel kann mithilfe einer Regressionsanalyse ermittelt werden – der Prozess der Ermittlung der geraden Linie der „besten Passung“ zwischen dem Energieverbrauch der Anlage und einer oder mehreren unabhängigen Variablen. Ein Beispiel für eine lineare Regression ist unten dargestellt:

$$\text{Energieverbrauch (kWh)} = m_1X_1 + m_2X_2 + C$$

wobei

C = Energiegrundlast in kWh (ermittelt mit der Regressionsanalyse)

$m_{1,2,\dots}$ = Energieverbrauch in kWh pro Einheit, z. B. Energieverbrauch pro Gerät

$X_{1,2,\dots}$ = Anzahl der Einheiten, z. B. Anzahl der Beleuchtungsarmaturen

Weitere Variablen können ebenfalls einbezogen werden – dies wird als multilineare Regression bezeichnet. Es können auch komplexere Regressionsverfahren eingesetzt werden. Sollten diese erforderlich sein, müssen die Begründungs- und Berechnungsdetails angegeben werden. Bei den meisten Straßenbeleuchtungsprojekten, bei denen eine einfache Korrelation mit den Betriebsstunden oder einem Ersatzwert wie den Tageslichtstunden hergestellt werden kann, sind Techniken dieser Art nicht erforderlich.

Bei Projekten nach IPMVP-Option C kann in seltenen Fällen davon ausgegangen werden, dass die Schwankung des Basisenergieverbrauchs nicht mit den unabhängigen Variablen korreliert und daher eine Normalisierung und Entwicklung der Energieverbrauchsformel nicht erforderlich ist. In diesen Fällen muss der Verzicht auf eine Energieverbrauchsformel eindeutig begründet werden.

Im Rahmen einer ersten Bewertung des regressionsbasierten Energiemodells und der Energieverbrauchsformel muss eine Bewertung des Korrelationskoeffizienten (R^2) vorgenommen werden. Regressionsmodelle müssen auf der Grundlage der prognostizierten Einsparungen evaluiert werden. Diese müssen größer als das Doppelte des Standardfehlers des Basiswerts sein – siehe *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (Abschnitt 1)*. Hinweise zur Entwicklung und Bewertung von Regressionsmodellen finden Sie in *IPMVP: Statistics and Uncertainty for IPMVP, 2014 (Abschnitt 2)*. Das IPMVP enthält auch alternative Ansätze, die in Betracht gezogen werden sollten, wenn das Kriterium des Baseline-Modells nicht erfüllt ist:

- präzisere Messgeräte
- mehr unabhängige Variablen im Energieverbrauchsmodell
- umfangreichere Stichprobengrößen
- eine alternative IPMVP-Option, bei der die unbekannt Variablen einen geringeren Einfluss haben

Ein Wert ab 0,75 und ein CV[RMSE] von unter 0,2 sind im Allgemeinen Zeichen für eine gute Beziehung.

2.0 EINSPARBERECHNUNGEN

2.1 ÜBERBLICK

Einsparberechnungen können mithilfe von Tabellenkalkulationen durchgeführt werden. Es kann jedoch der Einsatz proprietärer Tools erforderlich sein, um unterstützende Berechnungen durchzuführen. Unabhängig von der verwendeten Methode muss das Verfahren transparent und gut dokumentiert sein. Berechnungsmethoden müssen auf soliden technischen Verfahren basieren, und Annahmen müssen auf Beobachtungen, Feldmessungen, überwachten Daten oder dokumentierten Ressourcen beruhen. In jedem Fall müssen diese Annahmen konservativ, transparent und dokumentiert sein.

EEM-Beschreibungen, die zur Prüfung durch die Qualitätssicherung eingereicht werden, müssen umfassend sein und die bestehende Anlage sowie die vorgeschlagene Modernisierung dokumentieren. Die Beschreibungen müssen genügend Angaben enthalten, um dem Quality Assurance Assessor zu demonstrieren, dass der Entwurf bis zu einem hinreichenden Detailgrad entwickelt wurde, um genaue Arbeitsumfänge und fundierte Kostenkalkulationen zu entwickeln.

Die Ergebnisse der Einsparberechnungen sollten auch auf den geschätzten oder bekannten Endenergieverbrauch kalibriert werden. Beim Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen müssen die Schätzungen mit Benchmarkdaten oder Erfahrungswerten anderer Straßenbeleuchtungsprojekte verglichen werden.

Aus der folgenden Tabelle geht hervor, welche der in diesem Dokument beschriebenen Elemente für die einzelnen Protokolle gelten:

Element	Abschnitt	Messtechnischer Ansatz	Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen
Entwickeln der empfohlenen EEM	2.2	✓	✓
EEM-Einsparberechnungen: Stromverbrauchsdaten	2.3	✓	
EEM-Einsparberechnungen: Geschätzter jährlicher Energieverbrauch im Leistungszeitraum	2.4		✓
Berechnung der Kosteneinsparungen auf Basis der Energiepreise	2.5	✓	✓
Investitionskriterien und -paket	2.6	✓	✓
Berichte	2.7	✓	✓

2.2 ENTWICKELN DER EMPFOHLENE EEM

Im Rahmen eines Best-Practice-Ansatzes entsteht auf der Basis der Ergebnisse des Energie-Audits sowie der Erfahrungen der beteiligten Ingenieure, des Inputs des Spezialisten für Beleuchtungsanlagen, der Präferenzen des Anlagenbetreibers, des beobachteten Zustands und Betriebs der bestehenden Systeme, der vorläufigen Berechnungen und der Empfehlungen der Auftragnehmer eine Liste mit EEM, die kostengünstige und kostenfreie Maßnahmen, Verbesserungen bei Betrieb und Wartung (O&M) sowie aufgeschlüsselte Investitionskosten beinhalten kann. Schätzungen der jährlichen Energieeinsparungen und der Implementierungskosten sind wesentliche Bestandteile der finanziellen Bewertung eines EE-Projekts (siehe Abschnitt 2.5). Zur Unterstützung der Entwicklung dieser Schätzungen müssen ausführliche Beschreibungen der Maßnahmen entwickelt werden.

Die Dokumentation jeder empfohlenen Maßnahme sollte mindestens die folgenden Informationen enthalten:

- der aktuelle Zustand der Anlage
- empfohlene Maßnahmen oder Verbesserungen

Ein Best-Practice-Ansatz würde zudem Folgendes beinhalten:

- Bemessung der Beleuchtungslösung für das Straßenbild gemäß Best Practices der Branche, Vermeidung von Überbeleuchtung
- eine Zustandserhebung der bestehenden Straßenbeleuchtung
- wenn bestehende Masten o. Ä. verwendet werden sollen: Bestätigung, dass diese für die vorgeschlagenen neuen Beleuchtungskörper, die andere Abmessungen oder Gewichte haben können, geeignet sind
- Risiko des Ausfalls von Lampen und Aufnahme angemessener Annahmen in die Wirtschaftlichkeitsprognose (Project Business Case)
- Zeitplan für die Umsetzung
- Zusammenfassung der spezifischen Instandhaltungsanforderungen oder Überlegungen im Zusammenhang mit den EEM, insbesondere den Auswirkungen auf die Instandhaltungskosten
- mögliche Probleme, die einen erfolgreichen Abschluss verhindern können
- Einzelpersonen und Teams, die in die Umsetzung des Projekts eingebunden sind, und deren Zuständigkeit
- Einbeziehung externer Organisationen einschließlich Auftragnehmer und örtlicher Stromversorger

2.3 BERECHNUNG DER EINSPARUNGEN VON EEM: STROMVERBRAUCHSDATEN

Berechnungsverfahren wie Regressionsanalyse oder Open-Book-Methoden sind praktische und effektive Methoden für das Abschätzen der Energieeinsparungen vorgeschlagener EEM für Straßenbeleuchtungsprojekte.

Bei der Abschätzung der Einsparungen einer Liste mit vorgeschlagenen EEM müssen die verwendeten Berechnungsmethoden auf soliden technischen Grundsätzen und Methoden beruhen. Eingabewerte müssen anhand von Messdaten, Informationen zur Bemessung des Systems, Input von Gerätlieferanten sowie technischen oder Wartungsteams und Vor-Ort-Beobachtungen ermittelt werden. Für jede EEM müssen die Berechnungsmethodik, Formeln, Inputs, Annahmen und deren Quellen eindeutig dokumentiert werden.

In Bezugsdokumenten wie den IPMVP-Richtlinien und in *EN 16212:2012 Energieeffizienz- und -einsparberechnung – Top-Down- und Bottom-Up-Methoden (Abschnitt 6)* finden Sie detaillierte Richtlinien für Berechnungsmethoden und Best Practices. Gründlich geprüfte Ressourcen für Berechnungswerkzeuge, insbesondere solche, die national anerkannt sind, können als Modelle für Berechnungsmethoden verwendet oder referenziert werden.

Bei der Entwicklung von Einsparberechnungen auf tabellenkalkulatorischer Basis dürfen Annahmen und Werte nie in Formeln „eingebettet“ werden. Die Formeln müssen Zellbezüge für Konstanten, Annahmen und andere Inputs enthalten. Diese Inputs müssen klar definiert sein, die Berechnungen müssen erläutert werden und die zugehörigen Einheiten müssen an anderer Stelle in der Tabelle vermerkt sein. Dieser transparente und schlüssige „Open-Book“-Ansatz ist eine entscheidende Voraussetzung für den Qualitätssicherungsprozess.

Jede EEM-Berechnung muss hinreichend erläutert werden, damit ein Prüfer (mit den nötigen Input-Informationen) die Berechnungen reproduzieren kann. Diese Erläuterung muss eine Dokumentation der verwendeten Formeln sowie etwaiger Annahmen und deren Quellen einschließen.

Aus den Ergebnissen des Energie-Audits lassen sich Inputs für die Einsparberechnungen ableiten. Unabhängig von der Art seiner Ermittlung ist jeder dieser Inputs entscheidend für die genaue Abschätzung der Energieeinsparungen und muss stets konservativ sein. Das gilt insbesondere für weniger gut definierte oder unbekannte Inputs. Wichtige Inputs als Grundlage für die Einsparberechnungen liefern zudem die Betriebs- und Leistungsdaten. Diese Daten können aus funktionalen Leistungstests oder kurzzeitig überwachten Daten gewonnen werden und dazu beitragen, Optimierungspotenzial oder Mängel in Betrieb oder Leistung zu definieren oder aufzuzeigen.

Bei Verwendung proprietärer Berechnungstools von Drittanbietern muss eine hinreichende Dokumentation beigefügt werden, um eine unvoreingenommene Bewertung der geschätzten Energieeinsparungen vornehmen zu können. Diese Dokumentation muss Quellen wie Berechnungsmethodik, Whitepapers und unabhängige Testergebnisse der Anwendung umfassen. Werden Tools verwendet, die von einem Händler oder Hersteller bereitgestellt werden, ist bei der Schätzung der mit ihrem Produkt verknüpften Energieeinsparungen Vorsicht geboten.

Geschätzte Energieeinsparungen müssen stets mit dem geschätzten oder gemessenen Endenergieverbrauch verglichen werden, um sicherzustellen, dass die Schätzungen belastbar sind. Zudem müssen sie mit einfachen Schätzungen oder früheren Schätzungen zur Energieeinsparung abgeglichen werden. Das sichert die Glaubwürdigkeit der Zahlen und garantiert eine wesentliche Qualitätssicherung.

2.4 BERECHNUNG DER EINSPARUNGEN VON EEM: GESCHÄTZTER JÄHRLICHER ENERGIEVERBRAUCH IM LEISTUNGSZEITRAUM

Bei der Abschätzung der Einsparungen einer Liste mit vorgeschlagenen EEM müssen die verwendeten Berechnungsmethoden auf soliden technischen Grundsätzen und Methoden beruhen. Das gilt auch für Einsparberechnungen, die mithilfe eines Ansatzes auf Basis angenommener Einsparungen erzeugt werden.

Angenommene Einsparungen sind zu berechnen nach dem in Abschnitt 1.6 beschriebenen Verfahren unter Verwendung eines vorgeschlagenen Projektinventars und der Gesamtanzahl der jährlichen Betriebsstunden, berechnet für den vorgeschlagenen Betrieb nach dem neuen Plan. Endergebnis muss ein berechneter und hinreichend dokumentierter geschätzter Jahresenergieverbrauch im Leistungszeitraum sein.

Jede EEM-Berechnung muss hinreichend erläutert werden, damit ein Prüfer (mit den nötigen Input-Informationen) die Berechnungen reproduzieren kann. Diese Erläuterung muss eine Dokumentation der verwendeten Formeln sowie etwaiger Annahmen und deren Quellen einschließen.

Geschätzte Energieeinsparungen müssen mit Benchmarkdaten oder Faustregeln verglichen werden, um sicherzustellen, dass die Schätzungen begründet sind. Zudem müssen sie mit einfachen Schätzungen oder früheren Schätzungen zur Energieeinsparung abgeglichen werden. Das sichert die Glaubwürdigkeit der Zahlen und garantiert eine wesentliche Qualitätssicherung.

2.5 BERECHNUNG DER KOSTENEINSPARUNGEN AUF BASIS DER ENERGIEPREISE

Die Umrechnung von Energieeinsparungen in Kosteneinsparungen muss auf der Grundlage der jeweils gültigen Preise des örtlichen Versorgers erfolgen.

- Messtechnischer Ansatz: Wenn nutzungszeitbasierte Preise gelten, muss sichergestellt werden, dass die richtigen Preise auf den entsprechenden Anteil am Energieverbrauch angewendet werden, um Kosteneinsparungen zu ermitteln.
- Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen: Wenn nutzungszeitbasierte Preise gelten, sind die richtigen Preise auf den entsprechenden Anteil am Energieverbrauch anzuwenden, um Kosteneinsparungen zu ermitteln.

2.6 INVESTITIONSKRITERIEN UND -PAKET

Unterschiedliche Eigner, Investoren und Programme haben jeweils ihre eigenen finanziellen Kennziffern, Kriterien und Anforderungen, die dazu beitragen sollen, dass die Investitionsziele erreicht werden. Das ICP hat das Ziel, Vertrauen in Energieeffizienzprojekte zu schaffen, positioniert sich aber nicht so, dass finanzielle Kennziffern oder Kriterien zur Evaluierung einer potenziellen Investition genutzt werden. Auch fordert oder fördert das ICP keine spezielle finanzielle „Mindestrendite“ wie eine bestimmte Amortisierung oder Kosten-Nutzen-Zahl.

Der erste Schritt bei der Festlegung der Investitionskriterien sollte es sein, zu ermitteln, welche finanziellen Kennziffern für Investoren bei der Bewertung der finanziellen Leistung eines vorgeschlagenen Projekts wichtig sind. In diesen Gesprächen sollte das Projektteam auch versuchen, alle spezifischen kennzifferbezogenen Anforderungen (z. B. Amortisierung in weniger als 5 Jahren oder eine Kosten-Nutzen-Zahl größer als 1) sowie die für Berechnungen benötigten Zahlen wie Abzinsungssätze zu ermitteln. Ist dies erfolgt, muss das Projektentwicklungsteam die nötigen Daten und Berechnungen vorlegen, anhand derer Investoren das Potenzial des Projekts gemessen an ihren Präferenzen einschätzen können. Die Kennziffern müssen richtig definiert und berechnet werden – unter Rückgriff auf präzise Realisierungskosten, geschätzte Einsparungen, verfügbare Förderinstrumente, Nutzungsdauer, Kostenindex-Anpassungen, Zinsraten, Abzinsungssätzen, Kapitalkosten, Mietzeiten und sonstige relevante finanzielle Inputs.

Die genaue Kostenschätzung für die vorgeschlagenen EEM bildet eine entscheidende Komponente, die der finanziellen Bewertung eines vorgeschlagenen EE-Projekts dient. Fundierte Kostenschätzungen bilden die Grundlage für die Entwicklung von Renditekriterien und die Erstellung eines realistischen Finanzierungspakets.

In der Machbarkeitsphase können erste (mindestens drei) Angebote von Anbietern eingeholt werden. Es wird empfohlen, für das Projekt Auftragnehmer zu verpflichten, die Erfahrung mit der Modernisierung von Straßenbeleuchtungsanlagen haben. Wahlweise können die Kostenschätzungen auch auf den Erfahrungen des Ingenieurs mit früheren Projekten vergleichbaren Typs und Umfangs basieren. Mit beiden Ansätzen lässt sich eine Rangfolge der Verbesserungen erzeugen und ermitteln, welche Maßnahmen im endgültigen Angebotspaket enthalten sein sollen.

Letztlich muss das endgültige Investitionspaket jedoch Preise auf der Basis von Angeboten enthalten, deren Preis der Auftragnehmer für die Durchführung der Optimierungsmaßnahmen zugesagt hat. Kostenvoranschläge in der Kalkulationsphase müssen ggf. Folgendes enthalten:

- Eine Bau-Machbarkeitsprüfung, die angibt, welche Maßnahmen Teil des Pakets sein werden, eine Beschreibung der Bauverfahren, zulässige Arbeitszeiten, Auswirkungen auf die öffentliche Zugänglichkeit und Sicherheit, Zugangspunkte für die Anfahrt größerer Maschinen, erforderliche Genehmigungen und mögliche Umweltprobleme.
- Kategorien und mehrere Posten für alle benötigten Gewerke, d. h. Bauhauptgewerbe (Hoch- und Tiefbau), Elektrik, Umwelt (Schadstoffminderung), Erbringung von temporären Leistungen nach Bedarf. Es müssen zugrundeliegende Listen oder Kalkulationstabellen mit Kosteninformationen eingereicht werden.
- Alle gewerkebezogenen Posten müssen Arbeits- und Materialkosten enthalten. „Arbeitskosten“ können statt nach Stunden und Stundensätzen auch nach Budgetvorgaben spezifiziert werden.
- Betriebs- und Wartungskosten während der gesamten Projektlaufzeit.
- Einzelposten für Honorare, Ingenieursleistungen, Inbetriebnahme, Bauleitung, Genehmigungen, Messung und Verifizierung, Gemeinkosten und Gewinn (O&P) sowie Eventualverbindlichkeiten. Diese werden in der Regel jeweils als Prozentsatz der gesamten Realisierungskosten geschätzt.
- Die Kosten müssen je nach Zielgruppe und angedachter Investition u. U. in Gesamtkosten und Inkrementalkosten aufgesplittet werden. Die Inkrementalkosten sind die zusätzlichen Kosten für die Installation des energieeffizienten Systems oder Geräts im Vergleich zu den Baseline-Kosten oder nicht energiebezogenen Investitionen. So basieren die Versorgungsanreize beispielsweise oft auf Inkrementalkosten.
- Angaben zur geschätzten Nutzungsdauer und Verschlechterung der Ausrüstung werden benötigt und sollten zur Beurteilung der wirtschaftlichen Gesamtleistung der vorgeschlagenen Modernisierungsmaßnahmen herangezogen werden. Diese Schätzungen müssen konservativ sein und auf akzeptierten Werten basieren.

2.7 BERICHTE

Für die Berichte muss ein in der Industrie akzeptiertes Format genutzt werden. Die Ergebnisse der Projektanalyse müssen so präsentiert werden, dass die verwendeten Methoden – in Bezug auf die Datenerhebung, die Bestandsaufnahme vor Ort, die (Nicht-)Einbeziehung von EEM und die Berechnung der Einsparungen – klar dargelegt und begründet sind. Der Bericht muss klar formuliert sein und eine Zusammenfassung enthalten, die idealerweise technische und nicht technische Abschnitte, den Hintergrund und Kontext für das Audit, eine Zusammenfassung des Energieverbrauchs der Anlage, eine EEM-Rangliste, Schlussfolgerungen und Empfehlungen enthält.

3.0 ENTWURF, BAU UND PRÜFUNG

3.1 ÜBERBLICK

Im Mittelpunkt dieses Teils des Prozesses steht die Phase der technischen Planung, Implementierung und Leistungsverifizierung des Projekts. Die wichtigsten Ziele sind es dabei sicherzustellen, dass das Projekt wie vorgesehen entwickelt und umgesetzt wird – durch Beaufsichtigung der Entwicklung sowie die allgemeine Beaufsichtigung der Baumaßnahmen. Vorgelegte Entwürfe, Geräte, Leistungsbeschreibungen und Installationspläne müssen sorgfältig geprüft werden, um die Konformität mit dem Projektvorschlag und den Anforderungen der Stakeholder sicherzustellen.

Der Begriff „Operational Performance Verification“ (OPV) (Prüfung der Funktionsleistung) wird speziell für Modernisierungsprojekte bzw. Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz verwendet, um die Aktivität vom „ganzheitlichen“ Commissioning (Inbetriebnahme) zu unterscheiden. Im Fokus der OPV stehen die EEM-spezifischen Commissioning-Aktivitäten und nicht das Commissioning der gesamten Anlage.

Als wichtiger Bestandteil des OPV-Prozesses muss sichergestellt werden, dass Funktionen, Zuständigkeiten, Erwartungen, Zeitpläne sowie die Anforderungen an Kommunikation und Zugang zur Baustelle klar definiert wurden. Ferner gilt es, sich davon zu überzeugen, dass mögliche Vorkehrungen in Bezug auf Inspektionen, OVP-Aktivitäten, Tests, Schulung, Abnahmekriterien, Betrieb, Wartung und Monitoring getroffen wurden und die M&V-Richtlinien eingehalten werden.

Es muss ein entsprechend qualifizierter OPV-Spezialist ernannt werden, der die im Protokoll festgelegten Qualifikations- oder Erfahrungsvorgaben erfüllt und den Prozess entweder in betriebsinterner Funktion oder unter Rückgriff auf extern Dritte leitet. Die Ernennung eines betriebsinternen Vertreters hat zwar Vorteile, es wird jedoch zur Hinzuziehung eines Dritten geraten, um Interessenkonflikte zu vermeiden und von besonderer Fachkompetenz zu profitieren.

Der Qualitätssicherungsprozess (QA-Prozess) muss unvoreingenommene Empfehlungen für eine schnelle und faire Lösung aller projektbezogenen Probleme liefern, die während der Planung und/oder Umsetzung auftreten können. Der QA Assessor muss eng mit dem OPV-Spezialisten, den Stakeholdern sowie den Projektentwicklungs- und -umsetzungsteams zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass das Projekt termin- und budgetgerecht realisiert wird.

Die folgenden Elemente gelten für die Varianten des Protokolls mit messtechnischem Ansatz und Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen gleichermaßen:

Element	Abschnitt	Protokoll
OPV-Plan	3.2	✓
Schulung	3.3	✓
Systemhandbuch (sofern bereits vorhanden)	3.4	✓

3.2 OPV-PLAN

Die OPV-Arbeit beginnt mit der Entwicklung eines OPV-Plans. Der Plan sollte im Vorfeld der Ausführung entwickelt werden und die mit dem Projekt und den einzelnen EEM verknüpften Verifizierungsaktivitäten und Ziel-Energiebudgets beschreiben.

Zudem sollte der Plan Folgendes beschreiben: Datenprotokollierung, Trendverlauf des Steuersystems (Analyse historischer Daten und deren Verwendung zur Vorhersage der künftigen Leistung), Funktionsleistungstests, Punktmessungen oder Beobachtungen, die sowohl für die Festlegung des Baseline-Betriebs als auch für den Betrieb nach Modernisierung verwendet werden, um nachzuweisen, dass sich Betrieb und Leistung verbessert haben.

Der vom OPV-Spezialisten geleitete OPV-Prozess selbst sollte die Rücksprache mit dem Energie-Audit-Team (sofern herangezogen), das Monitoring von Entwürfen, Vorlagen und Projektänderungen sowie die Überprüfung der realisierten Änderungen umfassen. Er schließt auch die Pflicht und die Mittel ein, dem Projekteigner Abweichungen von der Planung und den geplanten Energieeinsparungen zu melden. Wenn die gesammelten Daten nach Installation, Testergebnisse oder andere Beobachtungen auf eine Minderleistung hindeuten oder Zweifel an der dauerhaften Erbringung der Leistung wecken, hat der OPV-Spezialist folgende Aufgaben:

- Unterstützung des Kunden/Projektentwicklungsteams bei der vollständigen Installation der Maßnahme und anschließender Überprüfung ihrer Leistung oder
- Zusammenarbeit mit dem Projektentwicklungsteam bei der Überarbeitung der EEM-Einsparschätzungen auf Basis der Ist-Daten nach der Installation und der zugehörigen Inputs

Erfolgreiches OPV wird durch die Anwendung traditioneller Commissioning-Verfahren auf die Bestandteile der im Projekt befindlichen Maßnahmen und Systeme erreicht und durch weitere

datengetriebene Aktivitäten wie Datenprotokollierung, Trendermittlung und Funktionsleistungstests ergänzt.

Der Aufwand für die Überprüfung der vorgeschlagenen EEM variiert. Maßnahmen, die bekannt sind oder relativ geringe Einsparungen erwarten lassen, und Maßnahmen, deren Einsparungen ziemlich sicher sind, erfordern u. U. nur eine Überprüfung der Installation. Das heißt, eine Sichtprüfung, die sicherstellt, dass die Maßnahmen ordnungsgemäß umgesetzt wurden. Maßnahmen mit größeren Einsparungsrisiken oder Unsicherheiten erfordern eine größere Tiefe der OPV, z. B. Stichprobenmessungen von modernisierten Lampen, kurzzeitige Leistungstests und die Erfassung und Analyse von Leistungsdaten nach der Installation.

Bei Nutzung des Ansatzes auf Basis angenommener Einsparungen reicht eine Sichtprüfung der installierten Geräte. Bei Projekten mit messtechnischem Ansatz kann das genutzte M&V-Verfahren auch den gewählten OPV-Ansatz beeinflussen. Das heißt, wenn ein M&V-Ansatz der Option B verwendet wird, bei dem alle wichtigen Parameter der EEM gemessen werden sollen, kann eine einfachere Sichtprüfung für die OPV ausreichen. Wenn jedoch ein Ansatz nach Option A oder C genutzt wird, sollte die OPV umfassender sein, um die Funktionsfähigkeit der EEM zu überprüfen.

Typische OPV-Ansätze sind:

- Sichtprüfung: Überprüfung der physischen Installation der EEM; wird angewendet, wenn der Betrieb der EEM hinreichend bekannt ist und die Unsicherheit bzw. die erwarteten relativen Einsparungen gering sind.
- Punktmessungen: Messung der wichtigsten Energieverbrauchsparameter für EEM oder eine stichprobenartige Auswahl von EEM; wird angewendet, wenn die EEM-Leistung aufgrund von Installationsdetails oder der Last von den veröffentlichten Daten abweichen kann oder die erwarteten relativen Einsparungen gering sind.
- Funktionsleistungstests: Testen der Funktionsfähigkeit und ordnungsgemäße Steuerung; wird angewendet, wenn die EEM-Leistung in Abhängigkeit von Last, Steuerung oder Interoperabilität anderer Systeme oder Komponenten variieren kann und die Einsparungen oder Unsicherheiten hoch sind.
- Monitoring/Datenprotokollierung: Installieren zeitweiliger oder permanenter Monitoring- oder Datenprotokollierungsgeräte und Analyse der Daten; wird angewendet, wenn die EEM-Leistung in Abhängigkeit von der Last variieren kann und die Einsparungen oder Unsicherheiten hoch sind.

Es muss eine präzise Dokumentation zur Verfügung gestellt werden, in der die im Rahmen des OPV-Prozesses durchgeführten Aktivitäten und die wesentlichen Erkenntnisse aus diesen Aktivitäten aufgeführt sind. Das ist der OPV-Bericht, der in Abhängigkeit von Umfang und Charakter des vorgeschlagenen Projekts benötigt wird. Diese Dokumentation muss ggf. im Verlauf eines Projektes fortwährend aktualisiert werden.

3.3 SCHULUNG

Die Schulung der Anlagenbetreiber kann einer der wichtigsten Faktoren für die Betriebsleistung und die Nachhaltigkeit der Energieeinsparungen sein. Ohne das richtige Verständnis für neue zentrale Managementsysteme, das Wissen, die Systeme richtig zu bedienen, und einen Plan, wie Probleme zu lösen oder zu melden sind, kann ein Energieeffizienzprojekt keinen Erfolg haben und dauerhaft seine optimale Leistung entfalten.

Das Bedienpersonal muss in alle relevanten OPV-Aktivitäten von der Planung bis zur Umsetzung einbezogen werden. Die Einbeziehung in den OPV-Prozess sorgt für die wichtige betriebliche Schulung und schafft Vertrautheit mit den neuen Systemen und installierten EEM.

Sofern für die Art der vorgeschlagenen EEM relevant, sollte der OPV-Plan Vorgaben für die Schulung des Betriebspersonals enthalten. Während des Leistungszeitraums muss ein guter Schulungsplan erstellt werden, der durch eine umfassende und brauchbare Systemdokumentation ergänzt wird. Dieser muss alle installierten CMS (Central Management System) und Wechselwirkungen mit Zusatzgeräten (nicht lichtbezogen; ausgewiesen in Tabelle 1 des Protokolls für Straßenbeleuchtung) einschließen. Thema der Schulungen sollten die Veränderungen sein, die sich aus dem Energieeffizienzprojekt und den realisierten EEM ergeben. Die Schulungen sollten von den Beratern, Lieferanten und Auftragnehmern entwickelt und bereitgestellt werden.

Die Schulung im Zusammenhang mit den OPV-Aktivitäten kann mit der Schulung im Rahmen der OM&M-Arbeit kombiniert werden. In ihrer Gesamtheit vermitteln sie ein umfassendes Verständnis für den ordnungsgemäßen Betrieb der neuen Systeme sowie die Diagnose und Reaktion auf Probleme, die im Laufe der Zeit auftreten können. Schwerpunkte der OPV- und OM&M-Schulung können sein:

- ausführliche Beschreibungen der realisierten EEM sowie der durch diese EEM erzielten Leistungssteigerungen
- Überarbeitung des OPV-Plans (falls erforderlich)
- Ziele für den Investor in Bezug auf die EEM
- Energieeffizienzziele
- Betriebspläne und betriebsbezogene Anforderungen des Eigentümers
- Ständige Datenanalyse sowie Untersuchungsverfahren zur Ermittlung von Problemen und Leistungsmängeln – dies sollte den Einsatz von EEM-spezifischen Diagnoseverfahren und -instrumenten sowie die Mittel zur Erfassung, Analyse und Speicherung von Daten einschließen.
- O&M-Anforderungen, die für die Aufrechterhaltung der Leistung und Einsparungen nötig sind (Wartung, korrektive und präventive Instandhaltungsarbeiten und entsprechende zeitliche Planung dieser Aufgaben)
- Aufgaben und Zuständigkeiten des Betreibers zur Aufrechterhaltung von Leistung und Einsparungen sowie Verfahren für das Handhaben oder Melden von Problemen
- relevante Arbeitsschutzfragen und -probleme
- spezielle Fragen zur Wahrung der Gewährleistung

3.4 SYSTEMHANDBUCH

Im Allgemeinen enthält ein Systemhandbuch Informationen und Dokumentation bezüglich Anlagenplanung und -bau, Inbetriebnahme, Betriebsanforderungen, Wartungsanforderungen und -verfahren, Schulung und Prüfung. Das Dokument soll Betrieb und Instandhaltung der Anlage unterstützen und die Anlagensysteme über ihre Nutzungsdauer optimieren. Es enthält insbesondere technische Anweisungen, die sicherstellen sollen, dass Systeme und Geräte ihre optimale Leistung gemäß ihren technischen Spezifikationen erreichen und in einem Zustand gehalten oder wiederhergestellt werden, in dem sie optimal funktionieren können.

In den während des Zertifizierungszeitraums zu entwickelnden OPV-Plan sind Vorgaben für die Aktualisierung eines bestehenden Systemhandbuchs aufzunehmen. Existiert keins, ist kein neues Handbuch erforderlich. Es müssen jedoch mindestens Vorgaben zur vollständigen Bestandsaufnahme der installierten Geräte gemacht werden.

Das während des Leistungszeitraums zu aktualisierende Systemhandbuch muss die modifizierten Systeme und Geräte in Verbindung mit dem Energieeffizienzprojekt dokumentieren sowie umfassend, aber dennoch prägnant sein, damit es für das beteiligte Personal nutzbar ist. Zudem sollten ggf. folgende Informationen enthalten sein (genauer definiert in *EN 13460:2009 Instandhaltung – Dokumente für die Instandhaltung*):

- Anlagenplanung und -installation: Projektanforderungen des Bauherrn (OPR) / aktuelle Anlagenanforderungen, Planungsgrundlagen (BOD) und Installations-/Projektunterlagen
- Anlageninformationen: Spezifikationen, genehmigte Vorlagen, Koordinationszeichnungen, z. B. Systempläne, Stromlaufpläne, Anlagenregister, Betriebs- und Wartungsdaten des Herstellers, Garantien sowie Auftragnehmer-/Lieferantenliste (einschließlich Komponenten- und Ersatzteillisten) und Kontaktinformationen.
- Anlagenbetrieb: Betriebsplan, Organisationsstruktur einschließlich Funktionen und Zuständigkeiten, Betriebspläne für Anlage und Geräte, Betriebsabläufe, Einschränkungen und Notfallmaßnahmen, Instandhaltungsverfahren, Checklisten und Aufzeichnungen, Wartungspläne, Aufzeichnung der Instandhaltungskosten, Geräte-/Zählerkalibrierungsverfahren und -protokolle, laufende Commissioning-Verfahren, Reinigungspläne und -verfahren, Messung und Dokumentation von Versorgungsleistungen
- Schulungen: Pläne und Materialien, Schulungsunterlagen, Schulungen zur ständigen Aktualisierung des Systemhandbuchs
- Commissioning-Prozessbericht: Commissioning-Plan (oder OPV-Plan), Entwurf und Einreichung von Prüfberichten, Prüfberichte, Genehmigungen und Inspektionen und Zertifikate; Fortschrittsberichte zu Commissioning (oder OPV), Problem- und Lösungsprotokolle, Problemlösung und offene Probleme

Die Entwicklung des Handbuchs sollte mit dem Betriebs- und Wartungspersonal abgestimmt werden, damit es seinen Bedürfnissen am besten gerecht wird. Neben den Betriebsabläufen für die Anlage sollte das Handbuch auch Details zur laufenden Optimierung der Systeme sowie eine klare Prozess- und Zuständigkeitsmatrix für den Umgang mit Problemen enthalten.

4.0 BETRIEB, WARTUNG UND MONITORING

4.1 ÜBERBLICK

Das Hauptziel der Betriebs-, Wartungs- und Monitoringphase besteht darin, die mit der EEM einhergehenden Einsparungen über die gesamte Projektlaufzeit hinweg sicherzustellen. Der QA-Prozess muss gewährleisten, dass eine angemessene und vernünftige Praxis zum Monitoring der Leistung des Energiesystems ausgewählt und entwickelt wurde und dass Korrekturmaßnahmenpläne entwickelt wurden, um die Energieeffizienz „nach Spezifikation“ sicherzustellen. Diese OM&M-Praxis kann im Umfang variieren und ein laufendes Commissioning, ein Monitoring-basiertes Commissioning, ein leistungsorientiertes Monitoring (Fehlererkennung und -diagnose), ein periodisches Recommissioning, eine Neuabstimmung des Systems oder der Geräte bzw. regelmäßige Inspektionen umfassen.

Allgemeine Hinweise zu Betrieb und Wartung finden Sie in *Operations & Maintenance Best Practices: A Guide to Achieving Operational Efficiency, Federal Energy Management Program, 2010*. In diesem Leitfadens werden fünf zentrale Grundsätze in Bezug auf integrierte, erfolgreiche O&M erläutert: Betrieb, Wartung, Technik, Schulung und Verwaltung. Darüber hinaus enthält es Best Practices für den Betrieb und die Wartung von Beleuchtungstechnik und die Gewährleistung der Nachhaltigkeit der für sie erzielten Energieeinsparungen.

Allgemeine Hinweise zu Monitoring und Dokumentation der energiebezogenen Leistung, einschließlich der verschiedenen Monitoringverfahren und -berichte sowie Kennzahlen für Energieeffizienzziele finden Sie in *ISO 50006:2014 Energiemanagementsysteme – Messung der energiebezogenen Leistung unter Nutzung von energetischen Ausgangsbasen (EnB) und Energieleistungskennzahlen (EnPI)*. Ausführlichere Hinweise finden Sie im *CIE Technical Report 154:2003: The maintenance of outdoor lighting systems*.

Die folgenden Elemente gelten für die Varianten des Protokolls mit messtechnischem Ansatz und Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen gleichermaßen:

Element	Abschnitt	Protokoll
Betriebs-, Wartungs- und Monitoringprozeduren	4.2	✓
Schulung an OM&M-Prozeduren	4.3	✓
Betriebsanleitung (sofern vorhanden)	4.4	✓

4.2 BETRIEBS-, WARTUNGS- UND MONITORINGPROZEDUREN

OM&M (Operations, Maintenance & Monitoring: Betrieb, Wartung und Monitoring) sowie die Nachverfolgung der Anlagenleistung sind ein Prozess der kontinuierlichen Verbesserung. Es umfasst die Nachverfolgung, Analyse, Diagnose und Lösung von Problemen bei energieverbrauchenden Systemen. Während der Fokus aus Sicht eines Energieeffizienzprojekts auf der Energieeffizienz liegt, umfassen gute OM&M-Prozesse eine proaktive Strategie für die Aufrechterhaltung der Systemfunktionen bei gleichzeitiger Optimierung der Energieeffizienz. Die Entwicklung spezifischer OM&M-Verfahren kann dem Betriebs- und Wartungspersonal der Anlage eine klare Orientierung geben, seine Kompetenzen stärken und spezifische Methoden zur Ermittlung, Analyse und Lösung auftretender Problemen liefern.

Ein OM&M-Plan muss während des Zertifizierungszeitraums entwickelt werden. Der Plan muss den gesamten OM&M-Prozess berücksichtigen und folgende Schlüsselkomponenten umfassen:

1. *Datenerfassung und Leistungsmonitoring:* Neben den Energieverbrauchsdaten werden Leistungsdaten von energieverbrauchenden Systemen überwacht. Das kann automatisiert durch zentrales Managementsystem (CMS) oder im Rahmen der manuellen Kontrollen des Systems erfolgen.
2. *Diagnostizieren von Problemen und Ermitteln von Lösungen:* Automatisierte Tools können die Fehlerdiagnose und die Entwicklung von Lösungen erleichtern. Die Fähigkeiten, das Wissen und die Schulung des Betriebspersonals, ergänzt durch die Unterstützung durch Serviceunternehmen, sind jedoch die entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Diagnose von Problemen und die Ermittlung geeigneter Lösungen.
3. *Lösung von Problemen und Verifizierung von Ergebnissen:* Probleme sollten so gelöst werden, dass Betriebsrisiken gemieden werden, dabei jedoch die Energieeffizienz berücksichtigt und optimiert wird.

Ein solides OM&M-Management-Framework muss klar definieren, wie automatisierte oder manuelle Tools oder Prozesse eingesetzt werden sollen, und die notwendige Anleitung, Schulung und Unterstützung bieten, um die Daten und Analyseergebnisse zu extrahieren, zu interpretieren und entsprechend zu reagieren. Dieses Management-Rahmenwerk sollte Personal für die OM&M-Arbeit bereitstellen, indem es Aufgaben und Zuständigkeiten definiert und diese dem passenden Teammitglied zuweist. Es muss quantifizierbare Leistungsziele festlegen, Zuständigkeiten definieren und die Methoden und Kennzahlen für die Nachverfolgung der Leistung definieren.

4.3 SCHULUNG AN OM&M-PROZEDUREN

Die hier beschriebenen OM&M-spezifischen Schulungspraktiken sollten mit den in Abschnitt 3.3 beschriebenen Schulungsmaßnahmen und Best Practices kombiniert werden.

Der ordnungsgemäße Betrieb, die Wartung und das Monitoring sind entscheidende Voraussetzung für den dauerhaft energieeffizienten Betrieb der Straßenbeleuchtungsanlage. Häufig auftretende Probleme

sind z. B. das Überstimmen von Steuerbefehlen des Systems aufgrund mangelnden Verständnisses und verminderte Leistung als Folge unsachgemäßer Wartung. Sie beeinträchtigen die Energieeffizienz des Systems und können die finanzielle Performance eines Energieeffizienzprojekts gefährden. Die richtige Schulung der Anlagenbetreiber ist ein wichtiger Baustein des OM&M-Prozesses, der hilft, die geschilderten Probleme zu vermeiden.

In Kombination mit der Schulung im Rahmen der OPV-Aktivitäten müssen in den während des Zertifizierungszeitraums entwickelten OM&M-Plan Vorgaben zur Entwicklung eines Schulungsplans einfließen. Er sollte die OM&M-Aufgaben konkret aufführen und dem Charakter der vorgeschlagenen EEM angemessen sein. Die Schulung sollte mindestens die folgenden OM&M-Komponenten abdecken, sofern dies für die vorgeschlagenen EEM relevant ist:

- *Managementstruktur*: Entwicklung und Aufbau der Führungs-, Zuständigkeits- und Berichtsstruktur und ihrer Bestandteile, einschließlich Betrieb, Wartung, Engineering, Schulung und Verwaltung.
- *EEM-Wartung*: Zuständigkeit für Betrieb, Wartung, Reparatur und Austausch jeder EEM.
- *Reporting*: Reporting-Anforderungen für O&M-Aktivitäten und deren Häufigkeit, einschließlich der Vorlage EEM-spezifischer O&M-Checklisten.
- *Handbücher*: Prüfung und ggf. Überarbeitung von Betriebsanleitung/Systemhandbuch/-handbüchern.
- *Automatisiertes Management*: Integration der EEM in ein digitalisiertes Wartungsmanagementsystem.
- *Problemlösung*: Besprechung potenzieller Probleme mit möglicher Beeinträchtigung des Betriebs oder der Nachhaltigkeit der Einsparungen und eine Überarbeitung des Prozesses, um ermittelte Probleme zu beheben oder zu melden.

Ein richtig konzipiertes O&M-Programm und die zugehörige Schulung müssen bewährte Verfahren für die präventive Wartung beinhalten. Ziel der präventiven Wartung ist es, einen Degradationsmechanismus zu erkennen, um diesen Prozess vor einer signifikanten Degradation der Komponente oder Anlage aufzuhalten. Die Schulung im Bereich der präventiven Wartung ist besonders wichtig, weil diese zunehmend komplexer und technisierter wird.

Die präventive Wartung kann viele verschiedene Ansätze umfassen. Die nachstehend genannten einschließlich der zugehörigen Schulung sollten für die Aufnahme in die O&M-Managementstruktur in Betracht gezogen werden: Leistungsmonitoring, Sichtprüfung und Überwachung der Elektrik. Einige dieser Funktionen kann ein zentrales Managementsystem (CMS) übernehmen.

Die OM&M-Aktivitäten umfassen eine Methode zum Monitoring und zur Bewertung der laufenden Leistung der installierten EEM. Das kann periodische Inspektionen oder Fernsteuerungs- und -Monitoring-Systeme einschließen. Im Rahmen des Schulungsplans müssen die Systembetreiber darin geschult werden, wie sie die vorhandenen Systeme für das Monitoring der EEM und die zugehörigen Systeme nutzen und interpretieren und wie sie auf Probleme reagieren müssen, die im Rahmen dieses Prozesses ermittelt wurden. Die Systembetreiber bilden die „erste Verteidigungslinie“ gegen einen Leistungsabfall.

Ihr richtiges Verständnis der Monitoringsysteme und Analyseinstrumente trägt wesentlich zum Erfolg eines Energieeffizienzprojekts bei.

Soweit verfügbar sollten national anerkannte kompetenzbasierte Schulungs- und Zertifizierungsprogramme genutzt werden, um Systembetreiber im ordnungsgemäßen Betrieb und der Wartung der vorhandenen Systeme zu schulen. Das Anlagenpersonal sollte angehalten werden, eine entsprechende Ausbildung zu absolvieren und eine Zertifizierung zu erwerben.

4.4 BETRIEBSANLEITUNG

Bei Straßenbeleuchtungsprojekten muss jede bestehende Betriebsanleitung aktualisiert werden; wenn keine existiert, ist kein neues Handbuch erforderlich. In den während des Zertifizierungszeitraums zu entwickelnden OM&M-Plan sind Vorgaben für die Aktualisierung einer vorhandenen Betriebsanleitung aufzunehmen. In vielen Fällen können Betriebsanleitung und Systemhandbuch zu einem Dokument zusammengefasst werden, das vom Betriebs- und Wartungspersonal genutzt werden kann. In diesem Fall sollten die in Abschnitt 3.4 dieser Spezifikation beschriebenen Anforderungen für die Entwicklung dieses Dokuments eingehalten werden. Andernfalls können diese beiden Handbücher auch als zwei getrennte Dokumente entwickelt werden.

Die Abschnitte zu Betrieb und Wartung des Systemhandbuchs bzw. die gesonderte Betriebsanleitung sollten gegebenenfalls folgende Informationen enthalten:

- Fotos
- Bestandszeichnungen in verkleinertem Maßstab und Schaltpläne/Schemen
- Liste mit den wichtigsten Geräten
- Rechnungen für größere Gerätekäufe und -reparaturen
- Gerätestandorte
- Steuerungslogik
- O&M-Anweisungen, Schulungsunterlagen

5.0 MESSUNG UND VERIFIZIERUNG

5.1 ÜBERBLICK

Bei allen Maßnahmen zur Messung und Verifizierung (M&V) werden die mit Energieeinsparprojekten (oder einzelnen EEM) erzielten Einsparungen zuverlässig quantifiziert, indem die ermittelte Baseline mit der energiebezogenen Leistung und dem Energieverbrauch nach der Installation verglichen wird – normalisiert auf die gleichen Bedingungen.

Die messtechnische Variante des ICP-Protokolls für Straßenbeleuchtung (siehe Abschnitt 1.0) unterstützt die Verwendung von Option A (*Teilsystem-/Komponentenebene: Messung wichtiger Parameter*), Option B (*Teilsystem-/Komponentenebene: Messung aller Parameter*) und Option C (*Gesamtsystem*) gemäß Definition durch das IPMVP sowie eine konforme Methodik auf Basis angenommener Einsparungen.

Bei den meisten M&V-Aktivitäten müssen „nicht routinemäßige Anpassungen“ an der Baseline vorgenommen werden, um unvorhergesehene Änderungen im Energieverbrauch aufgrund von anderen Faktoren als den installierten EEM nach Abschluss der Modernisierung Rechnung zu tragen. Diese Faktoren müssen berechnet und von der Baseline abgezogen oder auf sie aufgeschlagen werden, damit ein präziser Vergleich mit dem Energieverbrauch nach der Modernisierung möglich ist.

Der QA Assessor prüft den M&V-Plan während des Zertifizierungszeitraums. Im Rahmen eines Best-Practice-Ansatzes setzt der QA Assessor seine Tätigkeit im Leistungszeitraum fort – sie umfasst Kontrollen zur Verifizierung sowie die Überprüfung der Baseline-Entwicklung, der richtigen Anwendung von Anpassungen (routinemäßig und nicht routinemäßig), der Monitoringgeräte, der gesammelten Daten und der durchgeführten Berechnungen zur Quantifizierung der verifizierten Einsparungen. Zudem ist während der gesamten Dauer des Leistungszeitraums eine Überprüfung der M&V-Berichte, der Baseline-Anpassungen und der Pläne auf Basis angenommener Einsparungen nötig.

Die Variante des Protokolls auf Basis angenommener Einsparungen basiert zwar nicht auf dem IPMVP, für die erfolgreiche Implementierung dieser Methode gelten jedoch viele seiner Grundsätze und Verfahren. Aus der folgenden Tabelle geht hervor, welche der in diesem Dokument beschriebenen Elemente für die einzelnen Ansätze gelten:

Element	Abschnitt	Messtechnischer Ansatz	Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen
M&V-Plan und -Implementierung auf Basis des IPMVP	5.2	✓	
Regressionsbasiertes Modell: IPMVP-Option C	5.3	✓	
Geschätzte Parameter: IPMVP-Option A	5.4	✓	
Überarbeitete Berechnungen: IPMVP-Optionen A und B	5.5	✓	
Plan auf Basis angenommener Einsparungen und Implementierung	5.6		✓

5.2 M&V-PLAN UND -IMPLEMENTIERUNG AUF BASIS DES IPMVP

Anforderungen

Der M&V-Prozess lässt sich einfach in die folgenden grundlegenden Aktivitäten untergliedern:

1. Dokumentieren des Baseline-Energieverbrauchs
2. Planung und Koordination von M&V-Aktivitäten (M&V-Plan)
3. Überprüfen der Abläufe
4. Erheben von Daten
5. Verifizieren der Einsparungen
6. Dokumentieren der Ergebnisse

Der erste Schritt im M&V-Prozess, die Entwicklung und Dokumentation der Baseline, wurde bereits an früherer Stelle dieser Spezifikation behandelt. Im Rahmen dieses Prozesses sollte der Grad der Unsicherheit quantifiziert werden. Das kann mittels der Energieverbrauchsformel und Ist-Daten für erklärende unabhängige Variablen erfolgen, um den monatlichen Baseline-Energieverbrauch zu ermitteln und die Ergebnisse mit dem tatsächlichen Energieverbrauch in der Vergangenheit mit dem Baseline-Zeitraum zu vergleichen. Die Differenz oder der Fehler in der berechneten Baseline kann dann mit der Standardabweichung und dem Verlässlichkeits-/Genauigkeitsgrad kombiniert werden, um die Unsicherheit in der Energieverbrauchsformel zu entwickeln.

Im zweiten Schritt des Prozesses werden die M&V-Aktivitäten geplant und koordiniert, deren Grundlage die Entwicklung des M&V-Plans bildet.

M&V-Plan

Der M&V-Plan sollte kurz nach der Definierung des Energieeffizienzprojekts entwickelt werden. Durch die frühzeitige Entwicklung des Plans wird sichergestellt, dass alle für die Einsparberechnungen während des Baseline-Zeitraums benötigten Daten erfasst werden und verfügbar sind. Dies ist besonders wichtig bei einem Ansatz nach Option A oder B, bei dem Daten von vor der Umrüstung benötigt werden, um den Baseline-Betrieb der von den vorgeschlagenen EEM betroffenen Systeme zu ermitteln. Die frühzeitige Entwicklung des M&V-Plans ermöglicht auch die Abstimmung mit den OPV-Aktivitäten.

Der M&V-Plan selbst sollte sich am IPMVP orientieren, das im Detail definiert, welche Komponenten der Plan enthalten und berücksichtigen muss (definiert in *IPMVP Core Concepts-2016, Abschnitt 7*). Zusammenfassend sollte der M&V-Plan die folgenden Themen behandeln:

- Beschreibungen der EEM und Verfahren zur Verifizierung der Betriebsleistung
- Definition der Messgrenze und Berücksichtigung möglicher Wechselwirkungen

- Dokumentation des Baseline-Zeitraums, des Energieverbrauchs und der Bedingungen, einschließlich Beschreibungen der Daten unabhängiger Variablen, die mit den Energiedaten korrelieren, sowie statischer Faktoren, die mit den Energiedaten korrelieren (routinemäßige und nicht routinemäßige Anpassungen)
- Definition des Berichtszeitraums (in der Regel die Zeitspanne bis zur Amortisierung der Investitionskosten des Energieeffizienzprojekts)
- Beschreibungen der Basis für Anpassungen (routinemäßig und nicht routinemäßig – dazu später mehr in diesem Abschnitt)
- Beschreibung der Analyseverfahren, einschließlich Algorithmen und Annahmen zur Verifizierung der Einsparungen
- Definition der für die Bewertung der Energiekosteneinsparungen herangezogenen Energiepreise und künftige Anpassungen der Energiepreise
- Beschreibung des vorgeschlagenen Messplans und der Zählerspezifikationen, einschließlich der Methoden für die Handhabung der Daten und der Zuständigkeiten für die Berichterstattung und Aufzeichnung der Daten
- Qualitative (und nach Möglichkeit quantitative) Beschreibungen der zu erwartenden Genauigkeit
- Definition des Budgets und der veranschlagten Ressourcen für den M&V-Prozess (für den Anfang und später)
- Beschreibung des M&V-Berichtsformats und Zeitplans
- Beschreibung der Qualitätssicherungsverfahren für den M&V-Prozess

Der dritte Schritt im M&V-Prozess ist die Verifizierung der betrieblichen Leistung, die ein Mittel zur Realisierung von Einsparpotenzialen darstellt und in Abschnitt 3 dieser Spezifikation besprochen wird. Der vierte Schritt besteht in der Datenerfassung, die sowohl vor als auch nach der geplanten Umrüstung durchgeführt werden muss.

Im fünften Schritt werden die verifizierten Energieeinsparungen ermittelt. Die Einsparungen können für die gesamte Anlage (Option C) oder für Teile von ihr (Option A und B) ermittelt werden. In beiden Fällen werden bei der Ermittlung der verifizierten Einsparungen die Messgrenzen, die Wechselwirkungen, die Auswahl geeigneter Messzeiträume und die Basis für Anpassungen berücksichtigt.

Verifizierte Energieeinsparungen – Option C

Anforderungen

Bei den Ansätzen nach Option C umfasst die Messgrenze die gesamte Anlage. Die Messzeiträume müssen sich an den in *IPMVP Core Concepts-2016* erläuterten Richtlinien orientieren und mindestens

einen repräsentativen Zeitraum für die Energiedaten vor und nach der Umrüstung umfassen. Bei Option C ist das in der Regel ein Zeitraum von 12 Monaten.

Anpassungen der Baseline müssen klar definiert und konservativ angewendet werden. Der Begriff „Anpassungen“ bezeichnet im Allgemeinen die Neuangabe des Baseline-Energieverbrauchs bei sich ändernden Bedingungen im Berichtszeitraum. Die im IPMVP angegebene Formel für verifizierte Einsparungen lautet wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Einsparungen} = & (\text{Baseline-Energie} +/ - \text{routinemäßige Anpassungen an Bedingungen im Berichtszeitraum} \\ & +/ - \text{nicht routinemäßige Anpassungen an Bedingungen im Berichtszeitraum}) \\ & - \text{Energie im Berichtszeitraum} \end{aligned}$$

Routinemäßige Anpassungen, die sich voraussichtlich routinemäßig ändern werden, können durch Regressionen oder andere Techniken berücksichtigt werden, um sowohl die Baseline- als auch die Berichtsperiode an die gleichen Bedingungen anzupassen. Das ermöglicht einen genauen Vergleich zwischen den beiden Messzeiträumen.

Zu den nicht routinemäßigen Anpassungen zählen Faktoren mit Einfluss auf den Energieverbrauch, deren Änderung nicht vorherzusehen war: Größe der Anlage, Betrieb der installierten Geräte oder Lastwechsel. Der erste Schritt besteht darin, diese Veränderungen im Berichtszeitraum zu ermitteln, insbesondere jedoch die Anpassungen zu ermitteln, die einen messbaren Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Das kann durch Gespräche mit den Anlagenbetreibern, regelmäßige Besuche vor Ort, Beobachtung unerwarteter Energieverbrauchsmuster oder andere Methoden erfolgen.

Eine genaue und konservative Berechnung der Auswirkungen dieser nicht routinemäßigen Anpassungen auf den Energieverbrauch ist entscheidend. Mitunter lassen sich diese Effekte in der Energiemodellierungs-Software, die für die Berechnung der Energieeinsparungen für das Projekt genutzt wurde, näherungsweise bestimmen. In anderen Fällen müssen unterstützende Berechnungsmethoden angewendet werden, wobei die Anwendung der entsprechenden Stringenz und solider technischer Prinzipien von entscheidender Bedeutung ist. Dazu gehört auch die präzise Bestimmung der in diesen Berechnungen verwendeten Annahmen.

In jedem Fall ist bei der Anwendung von Anpassungen mit Sorgfalt vorzugehen. Es sollten nur Anpassungen in Betracht gezogen werden, die einen relativ signifikanten Einfluss auf den Energieverbrauch haben dürften. Und die bei den Anpassungen verwendeten Annahmen müssen konservativ sein und auf tatsächlichen Messungen, Feldbeobachtungen oder gründlich geprüften und dokumentierten Quellen beruhen.

Verifizierte Energieeinsparungen – Optionen A und B

Anforderungen

Bei Ansätzen nach Option A oder B muss die Messgrenze berücksichtigt und definiert werden. Die Messgrenze sollte um die von den EEM betroffenen Geräte oder Systeme gezogen werden. Anschließend müssen alle wesentlichen Energiebedarfe der Geräte innerhalb der Grenze ermittelt werden. Die Bestimmung der energiebezogenen Leistung der Geräte kann durch direkte Messung des Energieflusses oder direkte Messung von Stellvertretern für den Energieverbrauch erfolgen, die einen Hinweis auf den Energieverbrauch liefern.

Nach Möglichkeit sollten alle Energieeffekte der EEM berücksichtigt und gemessen werden. Vor allem sollten Wechselwirkungen der Maßnahmen jenseits der Messgrenze bewertet werden, um festzustellen, ob ihre Auswirkungen eine Quantifizierung rechtfertigen oder ob diese Effekte ignoriert werden können. Dennoch sollte der M&V-Plan eine Erörterung jedes Effekts und seines wahrscheinlichen Umfangs enthalten.

Sowohl der Baseline-Zeitraum als auch der Zeitraum nach der Umrüstung (Reporting) müssen an einem frühen Punkt der Projektentwicklung festgelegt werden, damit geeignete und adäquate Baseline-Daten erfasst werden können. In den Messzeiträumen müssen Daten erfasst werden, die den Betrieb der Anlage über ihren gesamten Betriebszyklus hinweg widerspiegeln (maximaler bis minimaler Energieverbrauch). Die Daten müssen alle Betriebsbedingungen abbilden, und der Basiszeitraum sollte idealerweise mit der Zeit unmittelbar vor der Auftragsvergabe zur Umrüstung korrelieren.

5.3 REGRESSIONSBASIERTES MODELL: IPMVP-OPTION C

Anforderungen

Es kann Fälle geben, in denen sich Option C als bestes Verfahren erweist – aufgrund des Charakters der Maßnahmen oder der Verfügbarkeit von Daten.

Bei Verwendung von IPMVP-Option C wird mit großer Wahrscheinlichkeit ein regressionsbasiertes Energiemodell benötigt. Die regressionsbasierte Energiemodellierung umfasst die Entwicklung einer Energieverbrauchsformel, die die abhängige Variable (Gesamtenergieverbrauch der Anlage einschließlich Strom) in Beziehung zu unabhängigen Variablen setzt, die bekanntermaßen signifikanten Einfluss auf den Energieverbrauch der Anlage haben. Typische unabhängige Variablen sind das Wetter, aber auch andere Variablen wie die Betriebsstunden.

Die Regression wird ausführlicher in Abschnitt 1.7 beschrieben.

Die Energieverbrauchsformel lässt sich mittels Regression nach Fehlerquadratmethode ermitteln. Wenn es mehrere abhängige Variablen gibt, kann mit der multiplen linearen Regression gearbeitet werden. Das ermöglicht den Vergleich und die Analyse des Energieverbrauchs der Anlage als Funktion der unabhängigen Variable(n), die monatlich variiert/variieren.

Für die Automatisierung eines M&V-Ansatzes nach IPMVP-Option C gibt es viele handelsübliche Softwaretools. Dabei ist allerdings zu beachten, dass sich mit ihnen zwar der M&V-Prozess nach Option C zum Teil automatisieren lässt, aber dennoch umfassender technischer Sachverstand nötig ist. Eine genaue Kenntnis der IPMVP-Grundsätze, der Analysetechniken sowie der Anwendung routine- und nicht routinemäßiger Anpassungen sind essenzielle Fähigkeiten, über die der M&V-Bauftragte verfügen sollte, wenn er diese Analysen durchführt – auch wenn er dabei automatisierte Softwaretools einsetzt.

5.4 GESCHÄTZTE PARAMETER: IPMVP-OPTION A

Anforderungen

Option A kann auf eine einzelne Maßnahme oder auf Systemebene für die M&V-Bewertung angewendet werden. Der Ansatz ist für Modernisierungen/Umrüstungen vorgesehen, bei denen wichtige Leistungsfaktoren wie Stromverbrauch oder Betriebsfaktoren wie die Betriebsstunden einer Beleuchtungsanlage während des Baseline- und Post-Umrüstungszeitraums punktuell oder kurzzeitig gemessen werden können. Bei Option A wird jeder nicht gemessene Faktor auf der Grundlage von Annahmen, Analysen historischer Daten oder Herstellerdaten geschätzt.

Option A kann zwar einen wirtschaftlicheren Ansatz für M&V bieten als Option B, sollte aber nur auf „einfachere“ Maßnahmen angewendet werden. Dazu gehören Maßnahmen, bei denen mindestens einer der Parameter relativ konstant oder einheitlich ist und daher geschätzt werden kann.

Wird ein Option-A-Ansatz in Betracht gezogen und überlegt, welche Variablen geschätzt werden sollen, muss vor der Festlegung der zu schätzenden Variablen der Umfang der Schwankung des Baseline-Energieverbrauchs oder der energiebezogenen Auswirkungen, die Variablen auf die EEM haben, berücksichtigt werden. Die Schätzungen sollten auf zuverlässigen, dokumentierbaren Quellen beruhen und ein hohes Maß an Sicherheit bieten. Diese Schätzungen sollten niemals auf „Faustformeln“, proprietären Quellen („Blackbox“) oder „technischen Schätzungen“ basieren.

Schlüsselparameter, die nicht konsistent sind (und daher nicht geschätzt werden dürfen), müssen gemessen werden. Dazu gehören typischerweise Parameter wie Kapazität, Wirkungsgrad oder Betrieb – im Grunde alle Parameter, die einen wesentlichen Teil der Unsicherheit bezüglich der Einsparungen ausmachen.

Die Häufigkeit der Messung wird von der zu erwartenden Schwankung des Schlüsselparameters bestimmt – d. h. kontinuierlich oder periodisch.

5.5 ÜBERARBEITETE BERECHNUNGEN IPMVP-OPTIONEN A UND B

Nach der Installation der EEM erfordert die Anwendung eines Option A- oder B-Ansatzes eine Überarbeitung der ursprünglichen Einsparberechnungen, um verifizierte Energieeinsparungen für die betreffenden EEM zu ermitteln. Punkt- oder Kurzzeitmessungen und Beobachtungen des Betriebs nach der Modernisierung müssen die Inputs für die ursprünglich in den Einsparberechnungen verwendeten Annahmen liefern, damit präzise (verifizierte) Einsparungen im tatsächlichen Betrieb der Maßnahmen berechnet werden können. Der Messplan und der Prozess zur Anwendung der Ergebnisse auf die verifizierten Einsparberechnungen sollten im M&V-Plan dokumentiert und eingehalten werden.

Wie bei den ursprünglichen Einsparberechnungen müssen alle Inputs und Annahmen transparent sein und durch Datenanalysen, Bilder, CMS-Screenshots oder andere für die verifizierten Einsparberechnungen verwendeten Ressourcen umfassend dokumentiert sein.

5.6 PLAN AUF BASIS ANGENOMMENER EINSPARUNGEN UND IMPLEMENTIERUNG

Der Plan auf Basis angenommener Einsparungen sollte kurz nach der Definition des Energieeffizienzprojekts entwickelt werden. Durch die frühzeitige Entwicklung des Plans wird sichergestellt, dass alle für die Berechnung der geschätzten Einsparungen während des Zertifizierungszeitraums benötigten Anlagendaten wie Anlagenbestand und Materialspezifikationen/Inventare erfasst werden und verfügbar sind. Die frühzeitige Entwicklung des Plans auf Basis angenommener Einsparungen ermöglicht auch die Abstimmung mit den OPV-Aktivitäten.

Der eigentliche Plan auf Basis angenommener Einsparungen muss nicht mit dem IPMVP-Prozess konform sein und nicht von einem qualifizierten M&V-Fachmann geschrieben werden. Er sollte jedoch mindestens Folgendes einschließen:

- Dokumentation des geplanten Prozesses zur Ermittlung der angenommenen Energieeinsparungen
- alle Berechnungen und Nachweisdokumente, die in den Abschnitten 1 und 2 dieses Dokuments aufgeführt sind

Die erzielten Energieeinsparungen ergeben sich aus der folgenden Berechnung:

Energieeinsparungen (kWh) = geschätzter jährlicher Baseline-Energieverbrauch MINUS geschätzter Energieverbrauch nach der Modernisierung

Das für die Ermittlung der Energieverbrauchszahlen in dieser Berechnung zu verwendende Verfahren ist in den Abschnitten 1.5 und 1.6 dieses Dokuments aufgeführt und muss die Basis für die Dokumentation im Plan auf Basis angenommener Einsparungen bilden.

6.0 ERFORDERLICHE DOKUMENTATION

Tabelle 2: Erforderliche Dokumentation

Abschnitt des Protokolls	Abschnitt des ICP	Erforderliche Dokumentation	Anmerkungen
1	Ermitteln der Baseline	Begründung für den gewählten Baseline-Ansatz	
1	Ermitteln der Baseline – messtechnischer Ansatz	Vollständige Energiedaten	Sollte eine computerlesbare Datei sein, die Folgendes enthält: die reinen Zählerstände, wobei die Dauer dem definierten Baseline-Zeitraum entspricht. Eine Beschreibung, wie die Zeiträume zu den verwendeten ganzzahligen Jahren/Monaten konsolidiert wurden.
1	Ermitteln der Baseline – messtechnischer Ansatz	Beschreibung des Baseline-Zeitraums	Es sind das Anfangs- und Enddatum sowie der Grund für die Wahl dieses Zeitraums anzugeben. Zudem ist anzugeben, in welcher Beziehung die abhängige Variable(n) zum Energieverbrauchszyklus steht/steht.
1	Ermitteln der Baseline – messtechnischer Ansatz	Daten der Regressionsanalyse	Kann Dunkelstunden, Wetter- oder Verkehrsdaten einschließen. Entspricht dem Baseline-Zeitraum.
1	Ermitteln der Baseline – messtechnischer Ansatz	Analysen, die an den Baseline-Daten durchgeführt werden	Schließt Ergebnisse von Modellen oder statistischen Validitätstests ein.
1	Ermitteln der Baseline – messtechnischer Ansatz	Liste der projektspezifischen Routineanpassungsfaktoren	In den M&V-Plan aufzunehmen
1	Ermitteln der Baseline – Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen	Inventarliste	Es sind alle Geräte innerhalb der Projektgrenze aufzunehmen.
1	Ermitteln der Baseline – Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen	Stromverbräuche	Bezogen auf alle Geräte innerhalb der Projektgrenze. Einschließlich Informationsquellen.
1	Ermitteln der Baseline – Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen	Berechnungen bezüglich des jährlichen Baseline-Gesamtenergieverbrauchs	Es ist die Berechnung oder Messung der jährlichen Betriebsstunden und das Ergebnis von durchgeführten Gegenprüfungen beizufügen.
1	Ermitteln der Baseline	Zusatzgeräte für Straßenbeleuchtungsanlagen	Es sind, sofern relevant, alle Verbraucher einzuschließen, die nicht mit der Lichterzeugung in Zusammenhang stehen.
1	Ermitteln der Baseline	Anlagenkomponente / Betriebsdaten / Leistungsdaten	Anlagen- oder Gerätezeichnungen, Geräteinventare, Anlagen- und Materialspezifikationen, Felduntersuchungsergebnisse, Beobachtungen, kurzzeitig überwachte Daten, Punktmessungen und Ergebnisse von Funktionstests – sofern zutreffend und verfügbar.

Abschnitt des Protokolls	Abschnitt des ICP	Erforderliche Dokumentation	Anmerkungen
1	Ermitteln der Baseline	Tarifstruktur des Energieversorgers	Wie vom Energieversorger veröffentlicht, einschließlich einer Aufschlüsselung der Übertragungskosten, der Bedarfspreise, der Steuern und der Tageszeitvariabilität für jedes dieser Elemente.
1	Ermitteln der Baseline	Kopie einer Rechnung oder gleichwertige Daten	Eine Beschreibung der Tarifstruktur und etwaiger fixer Gebühren beifügen.
2	Einsparberechnungen	Qualifikationen der Person(en), von der die Einsparberechnungen vorgenommen wird/werden	
2	Einsparberechnungen	Qualifikationen des Planers der Beleuchtungsanlage	
2	Einsparberechnungen	Ergebnisse der EEM-Einsparberechnung	Arbeitsmappen, Kalkulationstabellen und andere Open-Source-Berechnungstools. Beschreibung des Berechnungsprozesses.
2	Einsparberechnungen	Ergebnisse der EEM-Einsparberechnung aus Drittanbieter-Software	Input-/Output-Dateien sowie Beschreibungen beifügen.
2	Einsparberechnungen	Bericht	Voraussichtliche jährlichen Energie- und Kosteneinsparungen beifügen.
2	Einsparberechnungen	Detaillierte Kostenaufstellung	Einzelposten für jedes der wichtigsten Projektelemente beifügen.
2	Einsparberechnungen – Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen	Inventarliste	Es sind alle Geräte innerhalb der Projektgrenze aufzunehmen.
2	Einsparberechnungen – Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen	Berechnungen bezüglich des jährlichen Gesamtenergieverbrauchs im Leistungszeitraum und gesamte voraussichtliche Einsparungen.	Es sind die jährlichen Betriebsstunden und das Ergebnis von durchgeführten Gegenprüfungen beizufügen.
3	Entwurf, Bau und Prüfung	Qualifikationen des OPV-Beauftragten	
3	Entwurf, Bau und Prüfung	OPV-Plan	
3	Entwurf, Bau und Prüfung	Vorgaben für die Schulung	Sofern dem Charakter der EEM angemessen.

Abschnitt des Protokolls	Abschnitt des ICP	Erforderliche Dokumentation	Anmerkungen
3	Entwurf, Bau und Prüfung	Vorgaben für die Aktualisierung des Systemhandbuchs bzw. der Systemhandbücher	Wenn kein Systemhandbuch vorhanden ist, muss ein vollständiges Inventar der installierten Geräte vorgelegt werden.
4	OM&M	OM&M-Plan	
4	OM&M	Vorgaben für die Schulung	Sofern dem Charakter der EEM angemessen.
4	OM&M	Vorgaben für die Aktualisierung der Betriebsanleitung und des Organigramms	Existiert keine Betriebsanleitung, ist keine neue erforderlich. Das Organigramm muss die Kontaktinformationen aller an der OM&M beteiligten Mitarbeiter sowie die Zuständigkeiten für die Monitoring- und Reaktionsmaßnahmen enthalten.
5	M&V – messtechnischer Ansatz	M&V-Plan	
5	M&V – messtechnischer Ansatz	Routinemäßige Anpassungen	
5	M&V – messtechnischer Ansatz	Nicht routinemäßige Anpassungen	Definition der Prinzipien, auf denen mögliche unbekannte, routinemäßige Anpassungen basieren werden
5	M&V – messtechnischer Ansatz	Beschreibung der Berechnungsgrundlage aller verwendeten Baseline-Modelle	
5	M&V – messtechnischer Ansatz	Regressionsbasiertes Baseline-Modell	Verwendet in der Analyse nach Option C
5	M&V – Ansatz auf Basis angenommener Einsparungen	Plan auf Basis angenommener Einsparungen	Es sind alle Berechnungen und Nachweisdokumente einzuschließen.