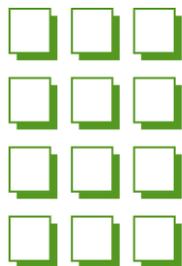




PROJEKTENTWICKLUNGSSPEZIFIKATION – INDUSTRIE UND ENERGIEVERSORGUNG

VERSION 1.2 – SEPTEMBER 2018



GBCI[®]

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	AUSWAHL DER PROTOKOLLE	9
0.5	ERMITTLUNG VON PROJEKTANSÄTZEN	9
1.0	ERMITTLUNG DER BASELINE (BASELINING)	11
1.1	ÜBERBLICK	11
1.2	ANFORDERUNGEN FÜR ENERGIE-AUDITS	12
1.3	DOKUMENTIEREN DER AKTIVITÄTEN DER ANLAGE / DES NETZBEREICHS UND DER ENERGIEVERBRÄUCHE	14
1.4	ENERGIE-ANALYSETECHNIKEN	15
1.5	REGRESSIONSANALYSE	17
1.6	UNSICHERHEITSANALYSE	19
2.0	EINSPARBERECHNUNGEN	20
2.1	ÜBERBLICK	20
2.2	ENTWICKELN DER EMPFOHLENE EEM	21
2.3	BERECHNUNG DER EINSPARUNGEN VON EEM	21
2.4	WECHSELWIRKUNGEN	23
2.5	INVESTITIONSPAKET	23
3.0	ENTWURF, BAU UND PRÜFUNG	25
3.1	ÜBERBLICK	25
3.2	DER OPV-PLAN	26
3.3	SYSTEMHANDBUCH	28
3.4	SCHULUNG	29

3.5	PLANUNG KOMPLEXER PROJEKTE	30
4.0	BETRIEB, WARTUNG UND MONITORING	32
4.1	ÜBERBLICK	32
4.2	BETRIEBS-, WARTUNGS- UND MONITORINGPROZEDUREN	32
4.3	BETRIEBSANLEITUNG	35
4.4	SCHULUNG	35
5.0	MESSUNG UND VERIFIZIERUNG	38
5.1	ÜBERBLICK	38
5.2	M&V-PLAN UND -IMPLEMENTIERUNG	39
5.2.1	Geschätzte Parameter: IPMVP-Option A	42
5.2.2	Überarbeitete Berechnungen: IPMVP-Optionen A und B	43

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

0.2 VERWENDUNG DIESER SPEZIFIKATION

Diese PDS dient der Unterstützung der Anforderungen an Elemente, Verfahren und Dokumentationen, die in den ICP-[Protokollen](#) aufgeführt sind. Der Aufbau dieses Dokuments orientiert sich an den Protokollen 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 Energieeffizienzprojekte wie Gebäude-/Netzeigentümer, 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 Industry 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 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 QS-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 QS-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 an bestimmten Stellen in der Entwicklung eines Energieeffizienzprojekts durchgeführt werden, da die Entwicklung vorangegangener Komponenten eines Projekts Einfluss auf die nachfolgenden Projektkomponenten und -ergebnisse hat. So werden beispielsweise die Baseline- und Endverbrauchsschätzungen bei der Kalibrierung eines Energiemodells oder der Begrenzung von Energieeinsparprognosen sowie bei der Messung und Verifizierung verwendet. Ungenauigkeiten bei der Entwicklung dieser wichtigen Baseline-Komponenten können die spätere Genauigkeit des Energiemodells beeinträchtigen, was u. U. zu einer überzogenen Prognose von geschätzten Energieeinsparungen und/oder einer ungenauen Bewertung verifizierter Energieeinsparungen führt.

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

PROJEKTENTWICKLUNGSSPEZIFIKATION
INDUSTRIE UND ENERGIEVERSORGUNG v1.2



Schlüssel	
	Alle Protokolle
	Protokoll für gezielte Projekte hat adaptierte/weniger stringente Anforderungen gemäß Aufschlüsselung im Protokolldokument
	Nur Protokoll für komplexe Industrieprojekte
	Gültig für Protokoll für gezielte Projekte. Nur gültig für Protokoll für komplexe Industrieprojekte bei Wahl von IPMVP-Option B.

STUFE	Baseline entwickeln	Einsparberechnungen / Investitionspaket	Entwurf, Bau und Prüfung	Betrieb, Wartung und Monitoring	Messung und Prüfung
PROJEKTAUFGABEN	Gemeinsam mit dem M&V-Spezialisten die Messgrenze definieren	Ein Bündel empfohlener EEM entwickeln	Einen OPV-Beauftragten ernennen	Ein laufendes Managementsystem wählen und dokumentieren, z. B. SCADA / aM&T	Alle Optionen: M&V-Plan entwickeln
	Baseline-Zeitraum festlegen	Modell-/Tabellenkalkulationsberechnungen durchführen	OPV-Plan entwickeln	OM&M-Plan entwickeln	Option A/B: Energie-/Leistungsdaten nach Modernisierung erheben
	Energiequellendaten, Produktions-, Wetter- und andere signifikante variable Daten sowie Tarifpläne erheben	Kosten/Konstruierbarkeit entwickeln	Systemhandbuch entwickeln (sofern nicht vorhanden)	Betriebsanleitung entwickeln (sofern nicht vorhanden)	Option A/B: Analyse der Leistungsdaten
	Energiebilanzen entwickeln	Investitionspaket entwickeln	Systemhandbuch aktualisieren (sofern vorhanden)	Betriebsanleitung aktualisieren (sofern vorhanden)	Option A/B: Verifizierte Einsparberechnungen
	Die unabhängigen variablen Daten kalendarisieren	EEM-Bericht entwickeln	Schulung des Betriebspersonals der Anlage durchführen	Schulung des Betriebspersonals der Anlage entwickeln und durchführen	Option C: Verbrauchsdaten nach Modernisierung
	Die Energieverbrauchseigenschaften der Geräte oder Systeme, die sich innerhalb der Messgrenze befinden, bestimmen				Option C: Nicht routinemäßige Anpassungen ermitteln/quantifizieren
	Baseline-Energieverbrauchsmodell und Prüfgenauigkeit definieren				Option C: Regressionsbasierte Analyse
	Spitzenbedarf und Preise ermitteln				
	Durchschnittlichen Tagesbedarf ermitteln				

STUFE	Baseline entwickeln	Einsparberechnungen / Investitionspaket	Entwurf, Bau und Prüfung	Betrieb, Wartung und Monitoring	Messung und Prüfung
AUFGABEN DER QUALITÄTSSICHERUNG	Gewählten Baseline-Zeitraum prüfen und genehmigen	EEM-Bericht einschließlich Baseline, Beschreibungen der Anlage/Systeme und EEM, Einsparberechnungen sowie Leistungs- und Kostenanalyse prüfen und genehmigen	Berechtigungsachweise des OPV-Verantwortlichen prüfen und genehmigen	OM&M-Plan mit definierten Verfahren prüfen und genehmigen	Berechtigungsachweise des M&V-Verantwortlichen prüfen und genehmigen
	Versorgerdaten und -tarife, signifikante variable Daten und Energie-Baseline prüfen und genehmigen	Berechtigungsachweise des Verantwortlichen für Energiemodell/Einsparberechnungen prüfen und genehmigen	OPV-Plan prüfen und genehmigen	Gewähltes laufendes Managementsystem prüfen und genehmigen	M&V-Plan prüfen und genehmigen
	Energieverbrauchsmodell prüfen und genehmigen	Tabellenkalkulatorische Einsparberechnungen einschließlich unterstützender Daten prüfen und genehmigen	Systemhandbuch prüfen und genehmigen (sofern vorhanden)	Betriebsanleitung prüfen und genehmigen (sofern vorhanden)	Option C: Versorgerdaten im Leistungszeitraum (12 Monate), regressionsbasiertes Modell und Anpassungsberechnungen prüfen und genehmigen
	Energiebilanzen prüfen und genehmigen	Unterstützende Kosten-/Konstruierbarkeitsdaten prüfen und genehmigen	Schulung prüfen und genehmigen (Betriebspersonal konsultieren)	Schulung prüfen und genehmigen (Betriebspersonal konsultieren)	Option A/B: Dateien mit überwachten Daten, Ergebnisse der Datenanalyse und Änderungen an Einsparberechnungen prüfen und genehmigen
	Lastprofile und Intervalldaten prüfen und genehmigen	Investitionspaket prüfen und genehmigen	Option A/B: Prüfen, ob Energie-/Leistungsdaten vor Modernisierung erhoben wurden		Anpassung und richtige Anwendung prüfen und genehmigen

0.4 AUSWAHL DER PROTOKOLLE

Derzeit stehen zwei Protokolle zur Verfügung, die einen standardisierten Ansatz für die Entwicklung komplexer und zielgerichteter Energieeffizienzprojekte in Industriegebäuden und Nachrüstungen von Fernwärmenetzen beschreiben. Die Auswahl des geeigneten [Protokolls](#) für die Entwicklung dieser Arten von Projekten stellt einen wichtigen ersten Schritt im Prozess dar. Die Auswahl des geeigneten Protokolls muss eine Bewertung der Art der vorgeschlagenen EEM umfassen.

Das Protokoll für komplexe Industrie- und Energieversorgungsprojekte (Complex Industry and Energy Supply Protocol) ist für folgende Projekte vorgesehen:

- **Installation von neuer Technologie oder neuer Kapazität, einschließlich neuer Technologien zur Energieerzeugung** – z. B. größere Änderungen an der Anlagenkonfiguration, die Änderungen bei der Steuerung erfordern, oder die Nachrüstung von Dämmung bei Rohrleitungen.
- **Installation von EEM mit variablen und/oder unvorhersehbaren Lasten** – z. B. Kälteanlagen

Das Protokoll für gezielte Industrie- und Energieversorgungsprojekte (Targeted Industrial and Energy Supply Protocol) ist für folgende Projekte vorgesehen:

- **Installation einfacher, häufig eingesetzter Technologien.** Diese Technologien haben in der Regel konstante und vorhersagbare Lastprofile, z. B. Nachrüstungen von Beleuchtungseinrichtungen oder Optimierung von Motoren; die Projekte können eine Reihe von EEM dieses Typs einschließen.
- **Umsetzung von EEM, die einen gleichwertigen Ersatz darstellen** – z. B. direkte Ersetzung von Energieversorgungsanlagen durch einen ähnlichen Technologietyp und eine vergleichbare Kapazität.

Diese Protokolle betrachten keine Fernwärmeprojekte, bei denen neue Netze entwickelt oder bestehende Netze für die Versorgung neuer Kunden erweitert werden. Dies ist auf die Komplexität in Zusammenhang mit der Entwicklung einer Energie-Baseline für die Projekttypen zurückzuführen, welche eine Kernanforderung des ICP Ansatzes darstellt.

Jedes Projekt hat seine eigenen Charakteristika, aber auch Ressourcen- und Zeitbeschränkungen. Die Auswahl des richtigen Protokolls hängt von vielen Faktoren ab, und der Projektspezialist sollte mit den Investoren und dem Quality Assurance Assessor zusammenarbeiten, um das am besten geeignete Protokoll für ein bestimmtes Projekt festzulegen.

0.5 ERMITTLUNG VON PROJEKTANSÄTZEN

Ein umfassender Projektentwicklungsansatz sollte frühzeitig im Prozess etabliert werden. Insbesondere der Mess- und Verifizierungsansatz (bzw. die Ansätze) muss so früh wie möglich ermittelt und geplant

werden. Ein Ansatz nach *IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol), Option C, Gesamtsystem*, 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 oder des Netzes zu haben (in der Regel mehr als 10 % des Gesamtenergieverbrauchs). Zusätzlich kann dieser Ansatz durch nicht routinemäßige Anpassungen erschwert werden, die quantifiziert und in die Analyse einbezogen werden müssen – wie z. B. Änderungen der Auslastung oder der Lasten.

Bei Ansätzen nach IPMVP-Option A und/oder B, bei denen wichtige oder alle Parameter auf *Teil-system-/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 eine Trendermittlung durch das Automatisierungssystem der Anlage oder des Netzes oder durch den Einsatz von Ferndatenerfassungsgeräten erfordern – Tools, die für ein Projekt möglicherweise nicht verfügbar sind. Zudem setzen diese Ansätze den Zugang zu den Live-Einsparberechnungen und deren Verständnis voraus, damit Annahmen überarbeitet werden können, um neuen Beobachtungen Rechnung zu tragen und verifizierte Energieeinsparungen zu entwickeln.

Diese Ansätze müssen u. a. evaluiert und in einen Gesamtplan integriert werden, der dem Umfang der Maßnahmen, ihren möglichen Wechselwirkungen und den verfügbaren Ressourcen Rechnung trägt. Diese Faktoren führen das Projektentwicklungsteam letztlich zu dem für die Entwicklung eines Projekts am besten geeigneten Protokoll.

1.0 ERMITTLUNG DER BASELINE (BASELINING)

1.1 ÜBERBLICK

Eine technisch fundierte Energieverbrauchs-Baseline ist wichtiger Ausgangspunkt für eine genaue Prognose des Energieeinsparpotenzials und Grundlage für die Messung und Verifizierung nach Abschluss der Modernisierung und/oder des Retro-Commissioning.

Eine Anlagen- oder Netz-Baseline ist für komplexe Projekte erforderlich, bei denen IPMVP-Option C genutzt wird. In allen anderen Fällen ist eine Baseline erforderlich, die sich auf alle Systeme und Geräte innerhalb der Messgrenze bezieht. Aus der Baseline muss hervorgehen, wie viel Energie eine Anlage / ein Netz, ein System oder ein Gerät über einen repräsentativen Zeitraum voraussichtlich verbrauchen wird. Bei Projekten, die IPMVP-Option C nutzen, ist das in der Regel – aber nicht immer – ein Zeitraum von 12 Monaten.

Die Baseline muss alle Energiequellen abdecken und berücksichtigen:

- Gesamtstrombezug
- gekaufter oder gelieferter Dampf, Heißwasser oder Kaltwasser
- Erdgas
- Heizöl
- Kohle
- Propangas
- Biomasse
- alle anderen Ressourcen, die als Brennstoff verbraucht werden, und sämtlicher Strom, der vor Ort aus alternativen Energiesystemen erzeugt wird
- alle vor Ort erzeugten und genutzten regenerativen Energien

Zudem müssen die Auswirkungen unabhängiger Variablen wie Produktion, Materialdurchsatz, Wetter, Belegung und Betriebsstunden auf den Baseline-Energieverbrauch 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 Elemente in diesem Dokument für die einzelnen Protokolle gelten.

Element	Abschnitt	Protokoll	
		komplex	gezielt
Anforderungen für Energie-Audits	1.2	✓	✓
Dokumentieren der Aktivitäten / des Netzbereichs und des Energieverbrauchs der Anlage	1.3	✓	✓
Energie-Analysetechniken	1.4	✓	✓
Regressionsanalyse	1.5	✓	✓
Unsicherheitsanalyse	1.6	✓	✓

1.2 ANFORDERUNGEN FÜR ENERGIE-AUDITS

Bei der Vorbereitung, Durchführung und Beurteilung der Qualität eines Energie-Audits ist eine Reihe von Anforderungen zu beachten. Die beiden Hauptpunkte sollten folgende sein:

1. die Erfahrungskompetenz des Prüfers
2. der Prozess für das Energie-Audit

Der Prüfer

Diese Anforderungen variieren je nach Art des Audits, Technologieart und, für Industrieprojekte, der Branche:

- Ausbildung – es wird eine angemessene technische Grundausbildung erwartet
- Erfahrung – Vertrautheit mit dem relevanten Sektor und den zu bewertenden Endanwendungen, z. B. Beleuchtung, Kleinkraftwerke, Heizung, Lüftung und Komfortkühlung

Die Protokolle erfordern, dass nationale Anforderungen an Einzelpersonen oder Organisationen, die Energie-Audits durchführen, erfüllt werden müssen, sofern es solche Anforderungen gibt. Eine Liste mit verbindlichen und freiwilligen Zertifizierungssystemen für europäische Länder finden Sie in der *Liste mit nationalen Zertifizierungssystemen*.

Das Audit

Um alle notwendigen Elemente abzudecken, muss das Audit-Format den in den folgenden sieben Schritten dargelegten Grundsätzen genügen:

1. **Planung:** Vereinbaren Sie gemeinsam mit der Organisation den Umfang, die Grenzen und die Ziele des Audits, die Randbedingungen in Bezug auf Ressourcen der Organisation, Zeit und erforderlichen Detailgrad, Kriterien für die Bewertung und die Klassifizierung von Möglichkeiten sowie den erwarteten Lieferumfang.
2. **Einleitende Besprechung:** Der Prüfer muss spezifische Anforderungen an die Daten, den Zugang zur Anlage / zum Netz und die Personalressourcen darlegen und den indikativen Zeitplan für die Umsetzung und Berichterstattung vorlegen.
3. **Plan für die Datenerhebung und Messung:** Der Prüfer sammelt Daten zu Energielieferung und -bedarf, anderen wichtigen Variablen wie Produktionsmengen oder Gradtage, Betriebs- und Wartungshandbüchern und künftigen Energieplänen. Wenn Datensätze benötigt werden, um fundierte Energie- und Kosteneinsparschätzungen vorzunehmen, müssen das Verfahren sowie die verwendete Hard- und Software zur Datenerhebung dokumentiert werden.
4. **Standortbegehung:** Führen Sie eine physische Bestandsaufnahme der Anlagen-/Netzbereiche im vereinbarten Umfang unter Erfassung von Menge und Art der Anlagenwerte durch. Sprechen Sie mit dem Anlagenpersonal, um die Auswirkungen von Betriebsabläufen und Nutzerverhalten auf die Gesamtenergieeffizienz zu verstehen. Erstellen Sie eine vorläufige Liste mit EEM.
5. **Analyse:** Berechnungsmethoden müssen transparent und technisch angemessen sein. Getätigte Annahmen müssen klar hervorgehoben werden. Stellen Sie sicher, dass Variablen, die die Messunsicherheit und deren Ergebnisbeitrag beeinflussen, berücksichtigt wurden, und berücksichtigen Sie gesetzliche Auflagen/Anreize. Der aktuelle Energieverbrauch muss abgebildet und nach Endverbrauch und Versorger aufgeschlüsselt werden. EEM müssen unter Berücksichtigung der besten verfügbaren Technologie/Praxis, der Betriebsdauer der zu prüfenden Geräte und Systeme und der zu erwartenden zukünftigen Änderungen des Energieverbrauchs vorgestellt und bewertet werden.
6. **Berichtserstellung:** Der Bericht zum Energie-Audit muss so gestaltet sein, 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 / des Netzes, eine EEM-Rangliste, Schlussfolgerungen und Empfehlungen enthält.
7. **Abschlussbesprechung:** Der Bericht sollte vorab verfügbar gemacht und der Organisation vorgelegt werden, wobei die Ergebnisse erläutert und Fragen beantwortet werden.

Eine ausführlichere Anleitung zur Anwendung dieser Methodik finden Sie im *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency (Abschnitt 2.11)*, in *ISO 50002:2014 Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*, in *EN 16247-1:2012 Energieaudits: Allgemeine Anforderungen* und in *EN 16247-3:2014 Energieaudits: Prozesse*.

1.3 DOKUMENTIEREN DER AKTIVITÄTEN DER ANLAGE / DES NETZBEREICHS UND DER ENERGIEVERBRÄUCHE

Für Industrieprojekte: Bestandteil der in den Protokollen geforderten Dokumentation ist eine Zusammenfassung der Aktivitäten und des Energieverbrauchs der Anlage, einschließlich einer Beschreibung der in der Anlage durchgeführten Prozesse. Die folgende Tabelle kann als allgemeine Vorlage für die Erstellung einer solchen Zusammenfassung verwendet werden. Jede Zeile kann mit Kommentaren versehen werden.

Kategorie	Unterkategorie	Details
Kontextdaten	Geographie	Standort der Anlage (Stadt/Region, Land)
	Anlagentyp	Sektor
	Produktion	Produkt(e)
	Prozessbeschreibung/-ablauf	Kurze Beschreibung der Verarbeitungsstufen vom ‚eingehenden‘ Rohmaterial bis zum/zu den ‚ausgehenden‘ Endprodukt(en)
Energieverbrauch des Prozesses	Prozessenergie	Beschreibung des Energieverbrauchs innerhalb der Prozesselemente, d. h. Brennstoff oder Strom zum Heizen
Nutzenergieverbrauch	Prozessheizung	Kurze Beschreibung, wie Nutzenergie erzeugt wird, ungefähre Größe und Art des Energieerzeugers, sonstige wichtige zu erwähnende Kriterien
	Prozesskühlung	
	Druckluft	
	Verteilte Stromerzeugung	Ggf. kurze Beschreibung
	Sonstiger Nutzenergieverbrauch	Ggf. kurze Beschreibung sonstiger erwähnenswerter Systeme
Energieverbrauch der Haustechnik	Raumheizung	Kurze Beschreibung, wie Nutzenergie erzeugt wird, ungefähre Größe und Art des Energieerzeugers, sonstige wichtige zu erwähnende Kriterien
	Raumkühlung	
	Lüftung	

Für Fernwärmeprojekte: Die Protokolle verlangen eine schriftliche Zusammenfassung der Art des Netzwerks. Dies sollte folgende Punkte umfassen:

- Umfang des Netzes, inklusive der Anzahl und Art der versorgten Gebäude, inklusive einer Übersicht über geplante zukünftige Phasen
- Art der Energiequellen
- Art und ungefähre Kapazität der Hauptanlage zur Energieerzeugung
- Details zum Verteilnetz, inklusive ungefähre Länge
- Übersicht der involvierten Organisationen inklusive Eigentümerschaft und Betrieb des Projektes

1.4 ENERGIE-ANALYSETECHNIKEN

Dieser Abschnitt enthält Hinweise auf typische Methoden für die Bewertung und Analyse von Baseline-Daten. Diese Methoden werden häufig genutzt, um Optimierungsmöglichkeiten zu ermitteln und sich ein vollständiges Bild vom Nettoenergieverbrauch innerhalb der Messgrenze zu verschaffen.

Energiebilanzen

Der Zweck einer Energiebilanz ist es, die Energieströme zu verstehen, die in ein definiertes System ein- und aus ihm austreten. Dieser Ansatz wird oft in Industrieprojekten angewendet, aber kann gleichsam auch für Fernwärmeprojekte angewendet werden. Das ermöglicht Folgendes:

1. Identifizierung von EEM durch Hervorhebung der Bereiche mit dem höchsten Verbrauch, bei denen sich eine eingehendere Prüfung durch eine Bestandsaufnahme oder ein Audit anbietet
2. Quantifizierung der Energieeinsparungen für die vorgeschlagenen EEM, unabhängig davon, ob diese betrieblicher Art (effektivere Nutzung bestehender Anlagen) oder technischer Art (Modernisierung bestehender Anlagen oder Austausch) sind.

Die Input-Daten, die in eine Energiebilanz einfließen, können aus verschiedenen Quellen stammen:

- direkt gemessene Energieversorgung, z. B. Zählermessung
- modellierte Energieflüsse durch Punktmessungen des Anlagen-/Netzbetreibers, z. B. Temperatur eines Stroms kombiniert mit einer gemessenen oder angenommenen Durchflussmenge und Wärmekapazität
- modellierte Energieströme basierend auf empirischen Schätzungen ähnlicher Anlagen

Es ist wichtig, den Energiegehalt *aller* Energieströme zu berücksichtigen, die die definierte Systemgrenze überschreiten. Das schließt auch solche Ströme ein, die als wenig bis gar nicht energiehaltig gelten, wie z. B. Umgebungswasserleitungen.

Eines der effektivsten Mittel zur Erstellung einer Energiebilanz ist ein Tabellenkalkulationsprogramm oder ein vergleichbares Open-Source-Datenbearbeitungswerkzeug. Das tabellarische Format erleichtert die logische und übersichtliche Darstellung der verschiedenen Ströme sowie die Überprüfung der

Berechnungsschritte durch Dritte, weil alle Annahmen eingesehen und Methoden abgefragt werden können.

Spezialtechniken für die Energie-Analyse

Bestimmte Projekte können je nach Komplexität und spezifischen Kundenanforderungen den Einsatz von Spezialtechniken der Energieanalyse rechtfertigen. Ein Beispiel dafür ist die Pinch-Analyse, ein vor allem in industriellen Energieprojekten eingesetztes Verfahren zur Minimierung des Energieverbrauchs in Prozessen durch Berechnung thermodynamisch realisierbarer Energieziele und deren Erreichung durch Optimierung von Wärmerückgewinnungssystemen, Energieversorgungsmethoden und Prozessbetriebsbedingungen. Ein weiteres Beispiel ist die Bin-Analyse. Das ist ein statistisches Verfahren, das häufig im Rahmen eines Energieprojekts eingesetzt wird, um die optimale Größe/Kapazität einer Energieerzeugungsanlage zu berechnen oder zu verifizieren. Projekte dieser Art sind z. B. die Installation einer neuen Kälteanlage, die gleichwertige Ersetzung einer bestehenden Anlage oder die Installation einer dezentralen Energieerzeugungslösung (z. B. eines Blockheizkraftwerks).

Ausführliche Hinweise zur Anwendung des Pinch-Analyseverfahrens finden Sie in Abschnitt 2.12 des Referenzdokuments zu den besten verfügbaren Energieeffizienz-Techniken (Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency).

Anpassungsmodelle für verschiedene Betriebsarten (Industrieprojekte)

Für Industrieanwendungen: Wenn eine Anlage mehrere Betriebsarten hat, müssen u. U. für jede Betriebsart separate Anpassungsmodelle entwickelt werden. Das kann dazu führen, dass für jedes Modell weniger Datenpunkte zur Verfügung stehen. Manchmal reicht es auch, durch Einbeziehung zusätzlicher relevanter Variablen, die die unterschiedlichen Energieverbrauchsmuster für die verschiedenen Betriebsarten berücksichtigen, nur ein einziges Anpassungsmodell zu erstellen, anstatt z. B. für den 1-Schicht- und 2-Schicht-Betrieb verschiedene Modelle zu entwickeln.

Weitere Hinweise zur Bewertung der Anforderungen für die Erstellung von Anpassungsmodellen für mehrere Betriebsarten finden Sie im *Superior Energy Performance® (SEP) Measurement & Verification Protocol, 2017 (Abschnitt 6.5)*.

Netto-Energieverbrauch und Energiebuchhaltung

Der Nettoverbrauch muss für alle Energieströme getrennt berechnet werden, wobei die durchgehenden Energiequellen und -rohstoffe sowie der Energieverbrauch vor Ort berücksichtigt werden.

Mit der folgenden Formel lässt sich der Nettoenergieverbrauch einer bestimmten Energiequelle berechnen:

Nettoenergieverbrauch der Energiequelle A = (Energiegehalt der eingehenden Energiequelle A) – (Energiegehalt der Menge der als Rohstoff verwendeten Energiequelle A) – (Energiegehalt der Energiequelle A, die verkauft oder außerhalb der Grenze transferiert wurde) + (Energiegehalt der Energiequelle A, die zu Beginn des Zeitraums auf der Anlage gespeichert war) – (Energiegehalt der Energiequelle A, die zum Ende des Zeitraums vor Ort gespeichert war)

Kalendarisierung von Teilmonatsdaten

Daten zum Energieverbrauch und zu relevanten Variablen stehen häufig weder für exakte Kalendermonate noch für exakt übereinstimmende Zeitintervalle zur Verfügung. So können monatliche Produktionsdaten beispielsweise am Monatsersten gemeldet werden, während Versorgerdaten u. U. zur Monatsmitte bereitgestellt werden. Die Angleichung der Zeitintervalle wird empfohlen und kann die Entwicklung von repräsentativeren Anpassungsmodellen erleichtern.

Um Teil- in ganze Kalendermonate umzurechnen, ermitteln Sie den durchschnittlichen Tagesverbrauch in jedem Teilmonat und multiplizieren den durchschnittlichen Tagesverbrauch mit der Gesamtzahl der Tage im Kalendermonat. Für den an die Anlage oder Energiezentrale gelieferten Rohbrennstoff (z. B. Hackschnitzel, Heizöl, Propan) schätzen Sie den monatlichen Energieverbrauch auf Basis des tatsächlichen Verbrauchs zwischen den Brennstofflieferungen oder des anteiligen tatsächlichen Verbrauchs zwischen den Lieferungen mittels einer geeigneten Kennzahl wie z. B. Heizgradtage.

1.5 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 von Anlagen/Netzen, Systemen oder Geräten, einschließlich Strom und Brennstoff vor Ort) in Beziehung zu unabhängigen Variablen setzt, von denen bekannt ist, dass sie den Energieverbrauch der Anlage / des Netzes, des Systems oder der Anlage signifikant beeinflussen. Typische unabhängige Variablen sind: Produktion, Wetter (Heiz- und Kühlgradtage) sowie weitere Variablen wie z. B. Auslastung, Rohstoff-Input-Charakteristika, Schichtmuster oder Betriebsstunden.

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 oder des

Netzes 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 Tonne Produkt (kWh/t) oder Energieverbrauch pro Gradtag (kWh/°C) (ermittelt mit der Regressionsanalyse)

$X_{1,2,\dots}$ = Anzahl der Einheiten, z. B. Tonnen des hergestellten Produkts oder Anzahl der Gradtage in °C

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 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)* und *Superior Energy Performance - Measurement and Verification Protocol for Industry, 2017 (Abschnitt 6.3.2 und 6.4)*. 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 unbekanntesten 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.

1.6 UNSICHERHEITSANALYSE

Die Entwicklung der Baseline sollte auch eine Bewertung der Unsicherheit in Form einer unteren und oberen Grenze beinhalten. Erfolgen kann das durch Vergleich des durch die entwickelte Energieverbrauchsformel vorhergesagten Baseline-Energieverbrauchs mit den tatsächlichen Stromrechnungen oder gemessenen Daten für den Baseline-Zeitraum, wobei die Differenz im Energieverbrauch zur Bildung des mit der Baseline verknüpften Fehlers verwendet wird. Dieser Fehler kann dann im Verbund mit der Standardabweichung und den erforderlichen Verlässlichkeits-/Genauigkeitsgraden verwendet werden, um einen Bereich um die Baseline (Minimum und Maximum) zu erzeugen. EVO 10100 – 1:2014, *Statistics and Uncertainty for IPMVP, Abschnitt 6* enthält ein Beispiel für die Berechnung von Bereichen für Prognosen.

Die Baseline-Datenerhebung sollte eine Bewertung von Zeiträumen mit untypischen Betriebsbedingungen umfassen – z. B. Zeiträume mit ungewöhnlich hoher oder niedriger Produktion oder Auslastung. Technische Informationen zu diesen Betriebsänderungen sollten während des Energie-Audits erfasst werden. In diesen Fällen müssen diese Zeiträume entweder von der Baseline ausgeklammert oder die Baseline entsprechend angepasst werden, um den Energieverbrauch auf typische Bedingungen zu normalisieren.

Für Industrieprojekte: Wenn eine Anlage oder ein Prozess unterschiedliche Betriebsarten hat – regulär oder irregulär – und sich kein Energieverbrauchsmodell entwickeln lässt, das die erforderlichen statistischen Kriterien erfüllt, kann für jede Betriebsart ein separates Modell entwickelt werden. Diese Modelle werden dann zu einem Multi-Modus-Modell kombiniert. Ein Beispiel für diese Art von Betrieb kann die vorübergehende Stilllegung der Produktion sein. Siehe dazu *Superior Energy Performance - Measurement and Verification Protocol for Industry, 2017 (Abschnitt 6.5)*.

2.0 EINSPARBERECHNUNGEN

2.1 ÜBERBLICK

Einsparberechnungen werden in der Regel mithilfe von Tabellenkalkulationen durchgeführt. 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 bestehenden Bedingungen, die vorgeschlagene Modernisierung und mögliche Wechselwirkungen 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 Energieeinsparberechnung müssen auf Schätzungen oder Messungen des Energieverbrauchs kalibriert werden.

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

Element	Abschnitt	Protokoll	
		komplex	gezielt
Entwickeln der empfohlenen EEM	2.2	✓	✓
EEM-Einsparberechnungen	2.3	✓	✓
Wechselwirkungen	2.4	✓	✓
Investitionspaket	2.5	✓	✓

2.2 ENTWICKELN DER EMPFOHLENE EEM

Aus den Ergebnissen des Energie-Audits ergibt sich eine Liste mit EEM, die kostengünstige und kostenfreie Maßnahmen, Optimierungen bei Betrieb und Wartung (O&M) und Kapitalkosten beinhalten können. 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 des Systems oder der Anlage
- empfohlene Maßnahmen oder Verbesserungen

Ein Best-Practice-Ansatz würde zudem Folgendes beinhalten:

- Risiko eines Geräteausfalls
- Zeitplan für die Umsetzung
- Zusammenfassung der spezifischen Instandhaltungsanforderungen oder Überlegungen im Zusammenhang mit den EEM, insbesondere den Auswirkungen auf die Instandhaltungskosten
- Wechselwirkung mit anderen Endanwendungen und EEM (siehe Abschnitt 2.4)
- Mögliche Probleme, die einen erfolgreichen Abschluss verhindern können
- Organisationen und Einzelpersonen, die an der Umsetzung dieser Maßnahme oder Optimierung beteiligt sind, und ihre Zuständigkeiten
- Für Fernwärmeprojekte: Eine Beurteilung etwaiger Risiken in Zusammenhang mit den Eigentumsverhältnissen und/oder dem Betrieb unterschiedlicher Teile der Anlage oder der unterstützenden Infrastruktur des gegenständlichen Projektes
- Personalaufwand

2.3 BERECHNUNG DER EINSPARUNGEN VON EEM

Bei der Abschätzung der Einsparungen einer Liste mit vorgeschlagenen EEM müssen die verwendeten Berechnungsmethoden auf soliden technischen Grundsätzen und Methoden beruhen. Inputs müssen aus Produktionsdaten, Wetterdaten, Systemauslegungsdaten, Herstellerspezifikationen und Betriebsdaten aus dem Vor-Ort-Monitoring, sofern für die Art des gegenständlichen Projektes relevant, stammen. Für jede EEM müssen die Berechnungsmethodik, Formeln, Inputs, Annahmen und deren Quellen eindeutig dokumentiert werden.

Referenzen wie der IPMVP Core Concepts Guide und das US-amerikanische Uniform Methods Project (UMP) liefern detaillierte Richtlinien für Berechnungsmethoden wie die Regressionsanalyse. 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 werden Inputs für die Einsparberechnungen abgeleitet. Jeder dieser Inputs ist entscheidend für die genaue Abschätzung der Energieeinsparungen und muss stets konservativ sein. Das gilt insbesondere für weniger gut definierte oder unbekannt 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 und durch Variablen wie Produktion oder Wetter ergänzt werden. Sie können dazu beitragen, Optimierungspotenzial oder Mängel in Betrieb oder Leistung zu definieren oder aufzuzeigen.

Wechselwirkungen sind ebenfalls ein wichtiger Bestandteil der Energieeinsparberechnungen. Bei der Berechnung der Einsparungen müssen stets die möglichen Auswirkungen anderer vorgeschlagener EEM berücksichtigt werden. So muss beispielsweise bei einer Maßnahme, die den Austausch eines Geräts durch ein Gerät mit höherem Wirkungsgrad beinhaltet, u. U. einem reduzierten Betriebsplan Rechnung getragen werden, der mit einer anderen EEM verknüpft ist. Ein allgemeiner Best-Practice-Ansatz besteht darin, Einsparungen für EEM zu berechnen, die sich zuerst auf die Lasten auf Anlagenebene (d. h. Energieerzeugungsanlagen), dann auf Ausrüstung auf Abteilungs- und Prozessebene und schließlich auf die Endgeräte auswirken. Diese Methode erlaubt es, die Eigenschaften der früheren Maßnahmen wirksam in die späteren Maßnahmen „mitzunehmen“.

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 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.

2.4 WECHSELWIRKUNGEN

Wechselwirkungen sind sekundäre Energieeffekte, die als Folge von EEM auftreten, meist im Zusammenhang mit dem Heizen und Kühlen. Sie müssen bei Projekten jeglicher Art berücksichtigt werden. Wechselwirkungen ist Rechnung zu tragen, wenn ihr Ausmaß im Verhältnis zu den prognostizierten Energieeinsparungen für die Maßnahme signifikant ist, es sei denn, ihre Nichtberücksichtigung wird nachvollziehbar schriftlich begründet. Für jede Wechselwirkung muss eine Schätzung angegeben werden.

So kann sich beispielsweise bei einem Projekt zur Modernisierung einer Beleuchtungsanlage die geringere Wärmeentwicklung der Anlage auf die Energieeinsparung auswirken, weil sie den Heizbedarf erhöht, aber auch den Kühlbedarf senkt. Wenn die gesamte Wechselwirkung vermutlich einen signifikanten Einfluss auf die Einsparungen haben wird, werden konventionelle Heiz- und Kühlberechnungen verwendet, um die entsprechenden Anteile für jede Jahreszeit zu bestimmen. Wenn die Messgrenze während des Baseline-Zeitraums jedoch um Wechselwirkungen erweitert werden kann, besteht keine Notwendigkeit, diese zu schätzen.

In *IPMVP (EVO), Core Concepts, 2016, Abschnitt 5* werden Wechselwirkungen und deren Behandlung im Rahmen eines IPMVP-konformen Ansatzes beschrieben.

2.5 INVESTITIONSPAKET

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. 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 Anlage / das Netz, Zugangspunkte für die Anfahrt größerer Maschinen, größere Rückbaumaßnahmen (Abriss), erforderliche Genehmigungen und mögliche Umweltprobleme (z. B. Asbest, Schadstoffe oder andere Probleme, die die Raumluftqualität beeinträchtigen).
- Kategorien und mehrere Posten für alle benötigten Gewerke, d. h. Bauhauptgewerbe (Hoch- und Tiefbau, Abriss, Installationen), Mechanik, Sanitär, Elektrik, Architektur (Oberflächen),

Umwelt (Schadstoffminderung), Erbringung von temporären Leistungen nach Bedarf. Es müssen 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 Kostenschätzungen müssen je nach Zielgruppe und angedachter Investition 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.
- Eine Lebenszykluskostenrechnung (LCCA) ist nicht erforderlich, kann aber in Betracht gezogen werden, wenn die vorgeschlagene Modernisierung andere Nutzen als die bloße Energiekosteneinsparung mit sich bringt. Siehe dazu *ISO 15686-5:2017 Hochbau & Bauwerke – Planung der Lebensdauer– Teil 5: Kostenberechnung für die Gesamtlebensdauer* und in den USA: *National Institute of Standards and Technology (NIST) Life Cycle Costing Handbook 135*.
- Angaben zur geschätzten Nutzungsdauer und Verschlechterung der Ausrüstung werden nicht benötigt (können bei einigen Projekten zur Beurteilung der Investitionskonditionen jedoch erforderlich sein). Sie können aber zur Beurteilung der wirtschaftlichen Gesamtleistung der vorgeschlagenen Modernisierung herangezogen werden. Diese Schätzungen müssen konservativ sein und auf akzeptierten Werten basieren.

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 Umsetzung. 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 sämtlicher Anlagensysteme und -komponenten.

Als wichtiger Bestandteil des OPV-Prozesses muss sichergestellt werden, dass Funktionen, Zuständigkeiten, Erwartungen, Zeitpläne sowie die Anforderungen an Kommunikation, Arbeitsschutz sowie den Zugang zur Baustelle klar definiert wurden. Ferner gilt es, sich davon zu überzeugen, dass Vorkehrungen in Bezug auf Inspektionen, OVP-Aktivitäten, Tests, Abstimmung, 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 den Prozess entweder in betriebsinterner Funktion oder unter Rückgriff auf 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 (QS-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.

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

Element	Abschnitt	Protokoll	
		komplex	gezielt
OPV-Plan	3.2	✓	✓
Systemhandbuch	3.3	✓	
Schulung	3.4	✓	✓
Planung komplexer Projekte	3.5	✓	

3.2 DER 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, Energiebudgets und Leistungskennzahlen beschreiben. Anhand von Leistungskennzahlen sollte ermittelt werden, ob eine Minderleistung vorliegt, auch wenn diese im Rahmen des Protokolls für gezielte Projekte optional sind.

Zudem sollte der Plan Folgendes beschreiben: die Datenprotokollierung, den Trendverlauf des Steuersystems (Analyse historischer Daten und deren Verwendung zur Vorhersage der künftigen Leistung, in der Regel unter Verwendung des BMS), 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 und dies auch langfristig aufrechtzuerhalten ist.

Der vom OPV-Spezialisten geleitete OPV-Prozess selbst sollte die Rücksprache mit dem Energie-Audit-Team, 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 in einer Mängelliste 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-Einsparungen 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 – z. B. die Dämmung von Rohrleitungen und Ventilen. Maßnahmen mit größeren Einsparungen oder größerer Unsicherheit erfordern eine größere Tiefe der OPV, z. B. Stichprobenmessungen (z. B. Lampenkonsole und Lampen, Pumpen), kurzzeitige Leistungstests (z. B. Lüfter mit Drehzahlregelung) sowie die Erfassung und Analyse von Leistungsdaten nach der Installation (z. B. bei komplexeren Projekten mit mehreren EEM).

Die angewandte M&V-Methode kann sich auch auf den OPV-Ansatz auswirken. 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.
- Trendermittlung und Datenprotokollierung: Einrichten einer BMS-Trendermittlung oder Installieren von Datenprotokollierungsgeräten und Analyse von Daten und/oder Überprüfen der Steuerungslogik; wird angewendet, wenn die EEM-Leistung in Abhängigkeit von Steuerung oder 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 für alle Projekte benötigt wird. Diese Dokumentation muss im Verlauf eines Projektes fortwährend aktualisiert werden.

3.3 SYSTEMHANDBUCH

Im Allgemeinen enthält ein Systemhandbuch Informationen und Dokumentation bezüglich Anlagen-/Netzplanung und -bau, Inbetriebnahme, Betriebsanforderungen, Wartungsanforderungen und -verfahren, Schulung und Prüfung. Das Dokument soll Betrieb und Instandhaltung unterstützen und die im gegenständlichen Projekt involvierten bzw. davon betroffenen Systeme über ihre Nutzungsdauer optimieren. Es enthält insbesondere technische Anweisungen, die sicherzustellen sollen, dass Systeme, Anlage und Ausrüstung ihre optimale Leistung gemäß ihren technischen Spezifikationen erreichen und in einem Zustand gehalten oder wiederhergestellt werden, in dem sie optimal funktionieren können.

Das Systemhandbuch muss die modifizierten Systeme und Geräte in Verbindung mit dem Energieeffizienzprojekt dokumentieren sowie umfassend, aber dennoch prägnant sein, damit es für das Anlagenpersonal nutzbar ist. Zudem sollten folgende Informationen enthalten sein (genauer definiert in EN 13460:2009 Instandhaltung – Dokumente für die Instandhaltung, und für die USA in der ASHRAE-Richtlinie 1.4-2014, Procedures for Preparing Facility Systems Manuals):

- Anlagenplanung und -bau: Projektanforderungen des Bauherrn (OPR) / aktuelle Anlagenanforderungen (CFR), Planungsgrundlagen (BOD) und Bau-/Projektunterlagen
- Anlagen-, System- und Baugruppeninformationen: Spezifikationen, genehmigte Vorlagen, Koordinationszeichnungen (z. B. Systempläne, Stromlaufpläne, Technikraumzeichnungen), 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 Anlagen und Ausrüstung, Sollwerte und -bereiche, 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.

Beachten Sie, dass bei Projekten nach dem Protokoll für gezielte Projekte jedes bestehende Systemhandbuch aktualisiert werden muss; wenn keins existiert, ist kein neues Handbuch erforderlich.

3.4 SCHULUNG

Die Schulung des Anlagenpersonals und der Anlagenbetreiber kann einer der wichtigsten Faktoren für die Betriebsleistung und die Nachhaltigkeit der Energieeinsparungen sein. Ohne das richtige Verständnis der neuen Systeme, 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 der Anlage muss in alle 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.

Es muss ein guter Schulungsplan erstellt werden, der durch eine umfassende und brauchbare Anlagen dokumentation ergänzt wird. Als Best-Practice-Ansatz sollten – wenn es angebracht ist – auf Video aufgezeichnete Schulungen angeboten werden. Thema der Schulungen sollten die Veränderungen sein, die sich aus dem Energieeffizienzprojekt und den realisierten EEM ergeben. Die Schulungen müssen von den Beratern, Lieferanten und Auftragnehmern entwickelt und bereitgestellt werden.

Die Schulung im Zusammenhang mit den OPV-Aktivitäten ist mit der Schulung im Rahmen der OM&M-Arbeit zu kombinieren. In ihrer Gesamtheit vermitteln sie ein umfassendes Verständnis für den ordnungsgemäßen Betrieb der 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 und die Anlagennutzer in Bezug auf die EEM
- Energieeffizienzziele
- Leistungskennzahlen
- 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 der Mitarbeiter 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

3.5 PLANUNG KOMPLEXER PROJEKTE

Komplexe Projekte können Folgendes umfassen:

- Integration der Energienutzung, z. B. die Nutzung der rückgewonnenen Wärme aus einem Prozess in einem anderen oder die standortweite Optimierung der Energienutzung
- eine Umstellung der Prozessauslegung, der Energieversorgung oder beides – z. B. die Installation neuer Prozesstechnik oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Projekte des zweiten Typs führen zwar tendenziell zu größeren Einsparungen, sind aber meist auch teurer und mit größeren Risiken verbunden. Sie können auch die Mitwirkung mehrerer Abteilungen innerhalb einer Organisation erfordern. Für solche Projekte werden daher das Wissen und die Kompetenzen von Spezialisten benötigt (siehe dazu *Best practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement. An Introduction for Policy Makers, Copenhagen Centre on Energy Efficiency, 2016, Abschnitt 4*). Sie können auch eine umfassendere Due Diligence durch den Investor erfordern, um nicht technische Aspekte wie Finanzen, Haftungsfragen, Umweltverträglichkeit sowie Arbeitsschutzrisiken zu bewerten. Alle Projekte erfordern eine Bewertung der technischen Risiken, einschließlich möglicher Auswirkungen auf die Produktions- oder Wärme-/Kälteleistung (z. B. aufgrund von Anlagenausfällen), und eine der Komplexität des Projekts angemessene Überprüfung der Konstruierbarkeit. Wie bereits an früherer Stelle im vorliegenden Dokument erwähnt, ist unbedingt zu beachten, dass die Befolgung des ICP das Risiko nicht ausschließt und auch nicht ausschließen kann.

Auch wenn der ICP-Prozess keine direkten Anforderungen an die Planung stellt, sind für die Entwicklung des Investitionspakets detaillierte Planungsarbeiten erforderlich. Die Ausführungsplanung für jedes Energieprojekt im industriellen oder energieverorgenden Bereich muss sich an den Standard-Bauprozessen orientieren. Das kann je nach Komplexität und Art des Projekts die Entwicklung von Koordinationszeichnungen und detaillierten Raumkonzepten umfassen, um sicherzustellen, dass sich die vorgeschlagene Ausrüstung in den bestehenden Gebäuden oder Energiezentralen unterbringen lässt. Auch Vor-Ort-Bewertungen durch Hersteller oder Spezialgeräteelieferanten können erforderlich sein. Spezifische und detaillierte Entwicklungsverfahren für Industrieanlagen finden Sie in *Tabelle 2.2 des Merkblatts zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) für Energieeffizienz der Europäischen Kommission* – viele dieser Anforderungen sind für die Nachrüstung von Energieeffizienzprojekten relevant:

- Planung optimaler Prozessanlagen und Versorgungssysteme
- Bewertung der Erfordernisse für die Steuerung und Instrumentierung
- Prozessintegration/Wärmerückgewinnungssysteme (Pinch-Methodik)
- Minimierung von Druckverlusten, Temperaturverlusten usw.
- Auswahl von Motoren, Antrieben, Pumpen usw. mit hohem Wirkungsgrad
- ergänzende Spezifikationen zu Ausschreibungsmaterialien mit Bezug auf Energieeffizienz

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 QS-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 leistungsbasiertes 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 Leitfaden werden fünf zentrale Grundsätze in Bezug auf integrierte, erfolgreiche O&M erläutert: Betrieb, Wartung, Technik, Schulung und Verwaltung. Darüber hinaus enthält er Best Practices für den Betrieb und die Wartung konkreter Technologien 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)*.

4.2 BETRIEBS-, WARTUNGS- UND MONITORINGPROZEDUREN

OM&M (Operations, Maintenance & Monitoring: Betrieb, Wartung und Monitoring) sowie Nachverfolgung der Leistung von Anlagen oder Netzen (Facility Performance Tracking) ist ein Prozess der kontinuierlichen Verbesserung. Er umfasst die Nachverfolgung, Analyse, Diagnose und Lösung von Problemen bei allen energieverbrauchenden Systemen, Versorgungs- oder Energieversorgungsanlagen, Prozess-, Beleuchtung- oder anderen energieverbrauchenden Systemen. Für Fernwärmenetze kann dies die Nachverfolgung von Verteilverlusten mittels Monitoring der erzeugten und gelieferten Energie beinhalten.

Aus Sicht eines Energieeffizienzprojekts liegt der Fokus auf der energiebezogenen Leistung des Systems. Dennoch müssen mögliche Auswirkungen des Projektes auf die Einhaltung des geplanten Produktionsplans für Industrieprojekte oder der Energieversorgungsvereinbarungen für Fernwärmenetze berücksichtigt werden. Etwaige mögliche Auswirkungen sollten minimiert und entsprechend abgemildert werden.

Gute OM&M-Prozesse beinhalten eine proaktive Strategie zur Einhaltung des Produktions-/Energieversorgungsplans bei gleichzeitiger Optimierung der Energieeffizienz. Ein Problem, das in Industrieanlagen auftreten kann, hängt mit dem Umstand zusammen, dass der Fokus der Anlagenbetreiber auf der Einhaltung des Produktionsplans liegt. Diese Richtlinie kann kontraproduktiv

für die Energieeffizienz von Anlagen sein – beispielsweise erhöht die Optimierung der Kühllast von gekühlten Lebensmitteln das Risiko des Verderbens von Produkten – was die Betreiber nach Möglichkeit vermeiden wollen. Ähnliche Themen können bei Fernwärmenetzen auftreten wenn Betreiber die Erfüllung des Energieversorgungsbedarfs über die Optimierung der Energieleistung priorisieren. Die Entwicklung spezifischer OM&M-Verfahren kann dem Betriebs- und Wartungspersonal eine bessere Orientierung geben, ihre Kompetenzen stärken und spezifische Methoden zur Ermittlung, Analyse und Lösung auftretender Problemen bereitstellen.

Der gesamte OM&M-Prozess sollte die folgenden Schlüsselkomponenten umfassen:

1. *Datenerfassung und Leistungsmonitoring*: Leistungsdaten von Prozessenergiesystemen, Versorgungs- oder Energieversorgungsanlagen, Beleuchtungsanlagen oder anderen energieverbrauchenden Systemen werden neben den Energieverbrauchsdaten überwacht. Zur Unterstützung dieses Prozesses stehen verschiedene Tools zur Verfügung, und in der Regel werden mehrere Tools als Teil der gesamten Managementstrategie eingesetzt.
2. *Erkennung von Leistungsproblemen*: Einsatz automatisierter Tools zur Echtzeit-Analyse und Ermittlung von Problemen (Fehlererkennung und -diagnose) oder die Verwendung von Visualisierungstools, die die manuelle Ermittlung von Problemen erleichtern.
3. *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 oder Berater, sind jedoch entscheidende Komponenten für die erfolgreiche Diagnose von Problemen und die Ermittlung geeigneter Lösungen.
4. *Lösung von Problemen und Verifizierung von Ergebnissen*: Probleme sollten so gelöst werden, dass Risiken für eine unterbrechungsfreie Produktion oder Energieversorgung 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 (die Leistungskennzahlen) definieren.

Die Ermittlung von energiebezogenen Leistungskennzahlen hängt von den vorgeschlagenen EEM und den damit verbundenen Energieverbrauchsmerkmalen sowie den beeinflussenden Faktoren ab. Sie können auf Geräte-, System- oder Gesamtanlagen-/netzebene angewendet werden und werden in der Regel direkt gemessen (z. B. in kWh), aus einem Verhältnis von Messwerten (z. B. Wirkungsgrad) berechnet oder anhand eines berechneten oder modellierten Verhältnisses zwischen Energieverbrauch und relevanten Größen ermittelt (z. B. lineare Regressionsmodellierung zur Bestimmung von kWh/Tonne des Produkts oder kWh/Gradtag). Eine Leistungskennzahl für eine Prozesskühlanlage könnte der Energieverbrauch kWh/Kühlbedarf kWh sein.

Automatisierte Energiemanagementsysteme (EMS) können in das OM&M-Management-System integriert werden und bieten ein Mittel zur Nachverfolgung, Analyse und Bewertung der energiebezogenen Leistung anhand von Einsparprognosen und Benchmarks. Diese Tools können in der Projektentwicklungs- und Implementierungsphase zur Unterstützung der Baseline- und M&V-Aktivitäten eingesetzt werden.

Datenerfassungssysteme werden eingesetzt, um Energiedaten zu erfassen und an das EMS zu übermitteln. Diese Daten werden in der Regel in Intervallen von einer Minute bis zu einer Stunde erfasst und können entweder den Energieverbrauch der gesamten Anlage / des gesamten Netzes oder den Energieverbrauch bestimmter Systeme oder Endverbraucher überwachen. Das EMS aggregiert diese Daten, ermittelt Fehler, analysiert die Daten und liefert grafische Darstellungen der Daten oder Berichte für die Bewertung der energiebezogenen Leistung der Anlage in Echtzeit.

EMS-Tools bieten zwar die Möglichkeit, mangelnde Leistung oder Probleme zu erkennen, sie können aber nicht die Ursache dieser Probleme ermitteln. Trendermittlung und Analyse mittels Einsatz von SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) und/oder aM&T-Reporting (Automatic Monitoring and Targeting) bzw. den Einsatz von Tools zur automatischen Fehlererkennung und Diagnose (FDD) bieten Systemmonitoringmethoden, die Systembetriebs- und -leistungsprobleme in Echtzeit aufzeigen können.

Der Einsatz von SCADA/aM&T zur Verfolgung wichtiger Leistungskennzahlen kann eine kostengünstige Methode zur Nachverfolgung und Ermittlung von Leistungsverbesserungen von Anlagen darstellen. Es können regelmäßig Trend-Kennzahlen aufgezeichnet und geprüft und so anormale Veränderungen von Werten erkannt werden, die auf Probleme hindeuten können. Auch mithilfe von Langzeitmustern, Mittelwerten sowie Minimal- oder Maximalwerten lassen sich Probleme ermitteln und die Energieeffizienz und Systemleistung nachverfolgen. Zu den Leistungskennzahlen gehören in der Regel Zonentemperaturen, Gerätewirkungsgrade, Systemwirkungsgrade und Luftwechselzahlen.

Die Nutzung von SCADA/aM&T zur Nachverfolgung von Leistungskennzahlen stellt eine hilfreiche manuelle Methode zur Nachverfolgung der Systemleistung dar. FDD-Tools bieten ihrerseits Funktionen, die über diese manuellen Beurteilungsmethoden hinausgehen. Sie nutzen Leistungsdaten auf Systemebene, um Probleme automatisch zu erkennen und in einigen Fällen zu quantifizieren und in Echtzeit zu melden.

FDD-Tools nutzen vorhandene SCADA-Punkte und mitunter zusätzliche dedizierte Sensoren außerhalb von SCADA und analysieren die Daten mithilfe von Fehlererkennungsalgorithmen. Diese Algorithmen sind in der Regel proprietär, einige Tools ermöglichen jedoch die Anpassung oder Programmierung zusätzlicher Fehlererkennungsroutrinen. FDD-Tools werden in der Regel von einem Drittanbieter installiert, und ihre Funktionen, Diagnosestufen und Kosten können erheblich variieren.

Das Retro-Commissioning bzw. Recommissioning (RCx) kann eine zusätzliche oder alternative Methode zur regelmäßigen Bereitstellung von OM&M darstellen. RCx ist ein kostengünstiges Mittel zur Verbesserung der Leistung bestehender Anlagen oder Netze mit dem Ziel, den Energieverbrauch und den Spitzenverbrauch zu senken, die Systemleistung zu verbessern, die geplanten Produktionsmengen oder Verfügbarkeit der Energieversorgung zu erreichen und den Wartungsaufwand zu senken. RCx umfasst eine Überprüfung der relevanten Systeme und deren Betriebs, bei der Probleme ermittelt werden, die auf Betriebsmängel oder Konstruktionsfehler zurückzuführen sind, die bei der ursprünglichen

Konstruktion gemacht wurden. Zudem lassen sich mit RCx Probleme ermitteln, die im Verlauf der Nutzung der Anlage entstanden sein können. Typische Energieeffizienzmaßnahmen, die im Rahmen des RCx-Prozesses ermitteln werden, betreffen vorrangig die Verbesserung der Steuerung bestehender Anlagen oder die Behebung von Funktionsstörungen bei Hardware und Sensoren.

4.3 BETRIEBSANLEITUNG

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 3.3 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
- Bilanzberichte
- Gerätestandorte
- Steuerungslogik
- O&M-Anweisungen, Schulungsunterlagen

Beachten Sie, dass bei Projekten nach dem Protokoll für gezielte Projekte jede bestehende Betriebsanleitung aktualisiert werden muss; wenn keine existiert, ist kein neues Handbuch erforderlich.

4.4 SCHULUNG

Die hier beschriebenen OM&M-spezifischen Schulungspraktiken sollten mit den in Abschnitt 3.4 beschriebenen Schulungsmaßnahmen und Best Practices kombiniert werden.

Der ordnungsgemäße Betrieb, die Wartung und das Monitoring sind wichtige Aufgaben für den dauerhaft energieeffizienten Betrieb der Anlagensysteme. Das Übersteuern von Sollwerten oder Steuerbefehlen des Systems aufgrund mangelnden Verständnisses und verminderte Leistung als Folge unsachgemäßer Wartung sind häufig auftretende Probleme. Sie beeinträchtigen die Energieeffizienz des Systems und können die finanzielle Performance eines Energieeffizienzprojekts gefährden. Die 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 sollte ein guter Schulungsplan speziell für die OM&M-Aufgaben entwickelt werden. Die OM&M-Schulungen sollten auf Video aufgezeichnet und durch eine umfassende und zweckdienliche Systemdokumentation ergänzt werden. Die Schulung sollte mindestens die folgenden OM&M-Komponenten umfassen (im Rahmen der Protokolle für gezielte Projekte sind einige Komponenten wie z. B. das automatisierte Management u. U. nicht relevant und müssen daher nicht angeboten werden):

- *Managementstruktur*: Entwicklung und Aufbau der Führungs-, Zuständigkeits- und Berichtsstruktur und ihrer Bestandteile, einschließlich Betrieb, Wartung, Engineering, Schulung und Verwaltung.
- *Leistungskennzahlen*: Entwicklung und Analyseverfahren für die Bewertung der Wartungs-, Betriebs- und Energieeffizienz der Anlagen-/Netzsysteme. Das sollte auch eine Prüfung und ggf. Überarbeitung des M&V-Plans einschließen.
- *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 computerisiertes 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. Alle nachstehend genannten Ansätze einschließlich der zugehörigen Schulung sollten für die Einbindung in die O&M-Managementstruktur in Betracht gezogen werden: Schwingungsüberwachung/-analyse, Schmierstoff- und Kraftstoffanalyse, Verschleißpartikelanalyse, Lager- und Temperaturanalyse, Leistungsmonitoring, Störgeräuscherkennung per Ultraschall, Durchflussmessung per Ultraschall, Infrarot-Thermografie,

zerstörungsfreies Prüfen (Dicke), Sichtprüfung, Isolationswiderstand, Motorstrom-Signaturanalyse, Motorkreisanalyse, Polarisationsindex und Überwachung der Elektrik.

Die OM&M-Aktivitäten umfassen eine Methode zum Monitoring und zur Bewertung der laufenden Leistung der installierten EEM. Das kann ein laufendes Commissioning, ein Monitoring-basiertes Commissioning, ein leistungsbasiertes Monitoring (Fehlererkennung und -diagnose), ein periodisches Recommissioning, eine Neuabstimmung der Anlage bzw. regelmäßige Inspektionen umfassen. Im Rahmen des Schulungsplans müssen die Anlagen-/Netzbetreiber 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 Anlagen-/Netzbetreiber 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 Prozessbetreiber im ordnungsgemäßen Betrieb und der Wartung von Systemen zu schulen. Das Betriebs- und Wartungspersonal sollte angehalten werden, eine entsprechende Zertifizierung zu erwerben, die es ihnen ermöglicht, einen angenehmen, energieeffizienten und umweltfreundlichen Arbeitsplatz zu schaffen.

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 – normiert auf die gleichen Bedingungen. Das ICP-Protokoll für komplexe Industrie- und Energieversorgungsprojekte (Complex Industrial and Energy Supply Protocol) unterstützt die Verwendung von Option B (*Teilsystem-/Komponentenebene: Messung aller Parameter*) und Option C (*Gesamtsystem*) gemäß Definition durch das IPMVP. Option A (*Teilsystem-/Komponentenebene: Messung wichtiger Parameter*) kann ggf. im Rahmen des Protokolls für gezielte Industrie- und Energieversorgungsprojekte (Targeted Industrial and Energy Supply Protocol) genutzt werden. Die Verwendung von IPMVP-Option D, *Kalibrierte Simulation*, ist für ICP nicht zulässig.

Bei den meisten M&V-Aktivitäten müssen nicht routinemäßige Anpassungen an der Baseline vorgenommen werden, um unvorhergesehene Änderungen im Energieverbrauch nach Abschluss der Umstellungen, z. B. Änderungen an Anlage und Ausrüstung, Auslastung, Schichtmustern oder Prozesskonfigurationen, widerzuspiegeln. Diese Faktoren beeinflussen den Energieverbrauch und müssen berechnet und von der Baseline abgezogen oder auf sie aufgeschlagen werden, damit im Rahmen eines Option-C-Ansatzes ein präziser Vergleich mit dem Energieverbrauch nach der Umstellung möglich ist. Die Berechnung der Effekte dieser Anpassungen auf den Energieverbrauch der Anlage / des Netzes kann schwierig sein, insbesondere bei potenziell komplexen Wechselwirkungen mit Prozesselementen oder der Gebäudetechnik.

Im Allgemeinen umfasst der QS-Prozess Kontrollen zur Verifizierung sowie die Überprüfung des M&V-Plans, 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 und Baseline-Anpassungen notwendig.

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

Element	Abschnitt	Protokoll	
		komplex	gezielt
M&V-Plan und -Implementierung	5.2	✓	✓
Geschätzte Parameter: IPMVP-Option A	5.2.1		✓
Überarbeitete Berechnungen: IPMVP-Optionen A und B	5.2.2	✓	✓

5.2 M&V-PLAN UND -IMPLEMENTIERUNG

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 zu erklärenden unabhängigen Variablen (z. B. Produktionsmenge) 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 7 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

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 von 12 Monaten für die Energiedaten vor und nach der Umrüstung umfassen.

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:

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

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, die Konditionierung von zuvor nicht konditionierten Räumen, Belegungszahl 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 dem Anlagen-/Netzbesitzer und dem Betriebs- und Wartungspersonal, 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 im Rahmen der Energieeinsparberechnungen für das Projekt abschätzen. 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

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.

5.2.1 GESCHÄTZTE PARAMETER: IPMVP-OPTION A

Option A kann nur für Projekte verwendet werden, bei denen das Protokoll für gezielte Projekte verwendet wird. Sie kann auf eine einzelne Maßnahme oder auf der Systemebene für die M&V-Bewertung angewendet werden. Der Ansatz ist für Modernisierungen/Umrüstungen vorgesehen, bei denen wichtige Leistungsfaktoren wie Endnutzungskapazität, Bedarf, Leistung oder Betriebsfaktoren wie Betriebs-

stunden einer Beleuchtungsanlage oder Pumpleistung 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.

Wie bereits in diesem Abschnitt beschrieben, wird die Häufigkeit der Messung von der zu erwartenden Schwankung des Schlüsselparameters bestimmt – d. h. kontinuierlich oder periodisch.

5.2.2 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 Kurzeitmessungen 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, BMS-Screenshots oder andere für die verifizierten Einsparberechnungen verwendeten Ressourcen umfassend dokumentiert sein.