

Entwurf eines einheitlichen Energieinformationsmodells für die Übertragung von Energieinformationen auf Basis von industriell genutzten Kommunikationsstandards

Leif-Thore Reiche¹, Maxim Runge², Karl-Heinz Niemann², Alexander Fay¹

Abstract: Das Monitoring von Energiebedarfen und die aktive Beeinflussung der eingesetzten Energiemenge mit Hilfe eines Lastmanagements spielen in industriellen Anlagen eine zunehmend wichtige Rolle. Um diese Aufgaben zu erfüllen, können in Energiemanagementsystemen sogenannte Energiemanagementfunktionalitäten verwendet werden. Energiemanagementfunktionalitäten basieren dabei auf sogenannten Energieinformationen, die bidirektional zwischen der Feldebene und den Applikationen des Energiemanagementsystems ausgetauscht werden. Die Besonderheit der Energieinformationen besteht darin, dass diese aufgrund der unterschiedlichen industriell genutzten Kommunikationsstandards jeweils eigene Semantiken und Syntax aufweisen. Diese semantischen Unterschiede erschweren eine Vereinheitlichung der Energieinformationen und führen zu einem hohen Engineering-Aufwand, wenn Energieinformationen unterschiedlicher Kommunikationsstandards genutzt werden sollen. Um dieses Problem zu lösen und um den Engineering- Aufwand reduzieren zu können, stellt dieser Beitrag den Entwurf eines einheitlichen Energieinformationsmodells vor, mit dem die Energieinformationen verschiedener industriell genutzter Kommunikationsstandards vereinheitlicht werden können.

Keywords: Kommunikation von Energieinformationen, Energieprofile, heterogene Kommunikationsprotokolle, Energiemanagementsysteme

1 Einleitung

Um den Energiebedarf reduzieren und die Energieeffizienz der Produktion sukzessiv steigern zu können, sind industrielle Unternehmen angehalten sogenannte Energiemanagementsysteme (EnMS) entsprechend dem ISO-Standard 50001 einzuführen [ISO 50001]. Durch diese Art von System haben Unternehmen die Möglichkeit ein Verständnis für den eigenen Energiebedarf zu entwickeln und können dadurch Maßnahmen ableiten, die darauf ausgerichtet sind, langfristig einen energieeffizienteren Betrieb im Unternehmen zu gewährleisten. Grundsätzlich setzt sich ein Energiemanagementsystem aus einem organisatorischen und einem technischen Teil zusammen. Während beim organisatorischen Teil die Prozesse und Verfahren mit einem

¹ Helmut-Schmidt-Universität, Institut für Automatisierungstechnik, Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg,

Leif-Thore.Reiche@hsu-hh.de,  <https://orcid.org/0000-0003-2919-8148>

Alexander.Fay@hsu-hh.de  <https://orcid.org/0000-0002-1922-654X>

² Hochschule Hannover, Elektro- und Informationstechnik Fakultät I, Ricklinger Stadtweg 120, 30459

Hannover, Maxim.Runge@hs-hannover.de,  <https://orcid.org/0000-0002-7651-4126>

Karl-Heinz.Niemann@hs-hannover.de

Bezug zum Thema Energie im Vordergrund stehen, werden beim technischen Teil alle hard- und softwaretechnischen Komponenten betrachtet, die im Zusammenhang mit dem Thema Energie stehen [BEG+19]. Dieser technische Teil wird auch als technisches Energiemanagementsystem (tEnMS) bezeichnet und ist im speziellen darauf ausgerichtet, verschiedene Funktionalitäten für das Energiemanagement bereitzustellen [WNF18]. Zum einen können diese Funktionalitäten für ein Energiemonitoring genutzt werden, um so energiespezifische Informationen messen, kommunizieren, speichern und auf den höher liegenden Ebenen des Automatisierungssystems (z. B. Betriebsleitebene) darstellen zu können. Zum anderen können die Funktionalitäten für ein Lastmanagement der Anlagen genutzt werden, wodurch der Energiebedarf der Produktion mittels spezieller Betriebsmodi aktiv beeinflusst werden kann [BAL12]. Sowohl für das Energiemonitoring als auch für das Lastmanagement werden sogenannte Energieinformationen genutzt, die zwischen den Geräten der Feldebene (z. B. Frequenzrichter, Roboter) und den Applikationen des Energiemanagementsystems über industriell genutzte Kommunikationsprotokolle ausgetauscht werden. Damit der Austausch bis zur Betriebsleitebene gelingt, erfolgt auf der Steuerungsebene eine Übersetzung (Mapping) der Energieinformationen von einer Feldbus-basierenden Semantik auf eine auf Companion Spezifikation-basierenden Semantik mit Hilfe von spezifischen Energiemanagement-Programmen [RRN+22].

Bedingt durch die verschiedene Kommunikationsprotokolle einer heterogenen Feldebene liegt keine einheitliche Semantik und Syntax für die Energieinformationen vor, sodass sich das Problem ergibt, dass die Erstellung der Energiemanagement-Programme mit einem hohen Engineering-Aufwand verbunden ist [WÜR20].

Dieser Beitrag verfolgt daher das Ziel, den Entwurf eines universellen Energieinformationsmodells (UEIM) vorzustellen. Mit Hilfe dieses Informationsmodells können Energieinformationen semantisch einheitlich beschrieben werden, um so den Engineering-Aufwand für die Bereitstellung der Energieinformationen reduzieren zu können. Auch Aufwand eines Zugriffs auf die Energieinformationen aus Sicht der Energiemanagement-Applikation wird reduziert. Das UEIM bezieht sich dabei auf bestehende Standards für die Kommunikation von Energieinformationen.

Zur Erläuterung des UEIM-Entwurfs ist der Beitrag wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 wird der aktuelle Stand der Technik der Energieinformationsübertragung beschrieben. Das darauffolgende Kapitel 3 zeigt zum einen was unter einem Energieinformationsmodell zu verstehen ist, zum anderen wird die methodische Vorgehensweise zur Erzeugung des UEIM vorgestellt. Kapitel 4 geht auf den Entwurf des UEIM ein und stellt insbesondere die Darstellung von Energie-Messinformationen im Informationsmodell vor. Abschließend folgen eine Zusammenfassung und ein Ausblick auf zukünftige Arbeiten.

2 Stand der Technik

Dieses Kapitel beschreibt, wie die Kommunikation von Energieinformationen mit Hilfe eines technischen Energiemanagementsystems erfolgen kann.

2.1 Parallel und integrierte technische Energiemanagementsysteme

Um Energieinformationen in industriellen Anlagen übertragen zu können, werden sogenannte technische Energiemanagementsysteme (tEnMS) eingesetzt. Nach [WÜR21] zählen zu diesen Systemen alle technischen Komponenten (Hardware, Software) die für das Energiemanagement benötigt werden. Die Übertragung der Informationen kann mit diesen Systemen laut [WNF+19] entweder parallel oder integriert erfolgen. In [NiWÜ20] wird die parallele und integrierte Übertragung von den Autoren wie folgt beschrieben: Bei einer parallelen Übertragung wird parallel zu dem bestehenden Kommunikationssystem ein weiteres System installiert, das ausschließlich für die Übertragung der Energieinformationen genutzt wird. Dieses zusätzliche System hat den Nachteil, dass weitere Kosten für Planung, Equipment und Wartung der Systeme entstehen. Neben der parallelen Übertragung können die Energieinformationen auch über die bestehenden Kommunikationssysteme übertragen werden. In der Praxis werden für die Übertragung der Energiedaten sogenannte Energieprofile eingesetzt. Energieprofile wie PROFIenergy [PRO21] für PROFINET, sercos Energy [SER18] für sercos III oder CIP Energy [ODV21] für das Common Industrial Protokoll (CIP) sind darauf ausgelegt, die vorhandenen Protokolle der Kommunikationssysteme um die Möglichkeit der Energieinformationsübertragung zu erweitern. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass keine Kosten für ein zusätzliches Kommunikationssystem anfallen, da die bestehenden Kommunikationssysteme weitergenutzt werden können. Dieser Beitrag geht von einer integrierten Energieinformationsübertragung aus.

2.2 Ablauf der Kommunikation von Energieinformationen

Bevor Energieinformationen in den Energiemanagement-Applikationen der Betriebsleitebene genutzt werden können, müssen diese Informationen so aufbereitet werden, dass die Energiemanagement-Applikationen die Semantik der Energieinformationen interpretieren kann. In Abbildung 1 ist die bidirektionale Kommunikation von Energieinformationen von der Feld- über die Steuerungs- bis in die Betriebsleitebene dargestellt. Quellen für die Energieinformationen sind die Geräte einer heterogenen Feldebene ①. Für die Aufnahme der Messinformationen verfügen die Geräte der Feldebene über eigene Messgeräte und Energiezähler [NiWÜ20]. Die aufgenommenen Messinformationen werden anschließend über unterschiedliche Ethernet- und nicht-Ethernet-basierende Kommunikationssysteme ②, wie Feldbussysteme (z. B. PROFINET [PRO18]), Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (z. B. IO-Link [UWJ20] oder weitere Systeme zwischen der Feld- und der Steuerungsebene ausgetauscht [RRN+21]. Die verwendeten Kommunikationssysteme weisen jeweils eigene Semantiken für die Darstellung der Energieinformationen auf.

2.1 Parallel und integrierte technische Energiemanagementsysteme

Um Energieinformationen in industriellen Anlagen übertragen zu können, werden sogenannte technische Energiemanagementsysteme (tEnMS) eingesetzt. Nach [WÜR21] zählen zu diesen Systemen alle technischen Komponenten (Hardware, Software) die für das Energiemanagement benötigt werden. Die Übertragung der Informationen kann mit diesen Systemen laut [WNF+19] entweder parallel oder integriert erfolgen. In [NiWÜ20] wird die parallele und integrierte Übertragung von den Autoren wie folgt beschrieben: Bei einer parallelen Übertragung wird parallel zu dem bestehenden Kommunikationssystem ein weiteres System installiert, das ausschließlich für die Übertragung der Energieinformationen genutzt wird. Dieses zusätzliche System hat den Nachteil, dass weitere Kosten für Planung, Equipment und Wartung der Systeme entstehen. Neben der parallelen Übertragung können die Energieinformationen auch über die bestehenden Kommunikationssysteme übertragen werden. In der Praxis werden für die Übertragung der Energiedaten sogenannte Energieprofile eingesetzt. Energieprofile wie PROFIenergy [PRO21] für PROFINET, sercos Energy [SER18] für sercos III oder CIP Energy [ODV21] für das Common Industrial Protokoll (CIP) sind darauf ausgelegt, die vorhandenen Protokolle der Kommunikationssysteme um die Möglichkeit der Energieinformationsübertragung zu erweitern. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass keine Kosten für ein zusätzliches Kommunikationssystem anfallen, da die bestehenden Kommunikationssysteme weitergenutzt werden können. Dieser Beitrag geht von einer integrierten Energieinformationsübertragung aus.

2.2 Ablauf der Kommunikation von Energieinformationen

Bevor Energieinformationen in den Energiemanagement-Applikationen der Betriebsleitebene genutzt werden können, müssen diese Informationen so aufbereitet werden, dass die Energiemanagement-Applikationen die Semantik der Energieinformationen interpretieren kann. In Abbildung 1 ist die bidirektionale Kommunikation von Energieinformationen von der Feld- über die Steuerungs- bis in die Betriebsleitebene dargestellt. Quellen für die Energieinformationen sind die Geräte einer heterogenen Feldebene ①. Für die Aufnahme der Messinformationen verfügen die Geräte der Feldebene über eigene Messgeräte und Energiezähler [NiWÜ20]. Die aufgenommenen Messinformationen werden anschließend über unterschiedliche Ethernet- und nicht-Ethernet-basierende Kommunikationssysteme ②, wie Feldbussysteme (z. B. PROFINET [PRO18]), Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (z. B. IO-Link [UWJ20] oder weitere Systeme zwischen der Feld- und der Steuerungsebene ausgetauscht [RRN+21]. Die verwendeten Kommunikationssysteme weisen jeweils eigene Semantiken für die Darstellung der Energieinformationen auf.

Informationsmodell zu verstehen ist und wie es funktioniert. Anschließend wird in den weiteren Unterkapiteln darauf eingegangen, welches methodische Vorgehen gewählt wurde, um das UEIM zu erzeugen.

3.1 Universelles Energieinformationsmodell

In Abbildung 2 ist dargestellt, wo das UEIM zu verorten ist. Beim UEIM handelt es sich um ein Informationsmodell, das Energieinformationen, die eine Relevanz für das Energiemanagement einer Produktion haben, eine semantisch eindeutige Bedeutung gibt. Das UEIM ist dabei technologieunabhängig.

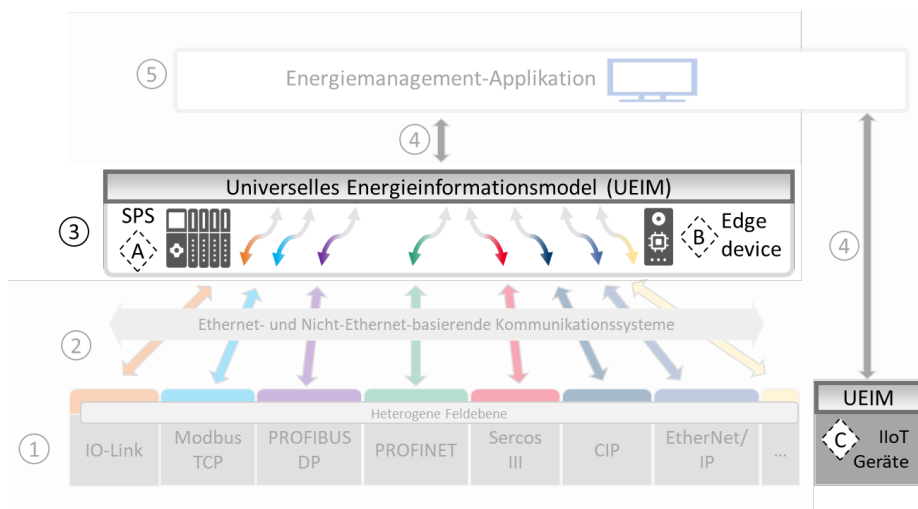


Abbildung 2 Energieinformationsmodell auf der Steuerungsebene

Mit Hilfe des UEIM ist es möglich Energieinformationen der Feldebene eindeutig zu interpretieren, unabhängig davon welchen Ursprung die Energieinformationen in der Feldebene haben. Wird das UEIM in den SPS oder Edge-Geräten der Steuerungsebene integriert, können die Energieinformationen ohne großen Mehraufwand mit einer einheitlichen Semantik zu den Energiemanagement-Applikationen auf der Betriebsleitebene übermittelt werden.

3.2 Methodik zur Modellierung des Energieinformationsmodells

Die Erzeugung des UEIM erfolgte mit Hilfe einer speziell ausgearbeiteten Methodik, die in Abbildung 3 dargestellt ist. Diese Methodik besteht aus 4 Einzelschritten, die sukzessive erarbeitet wurden.

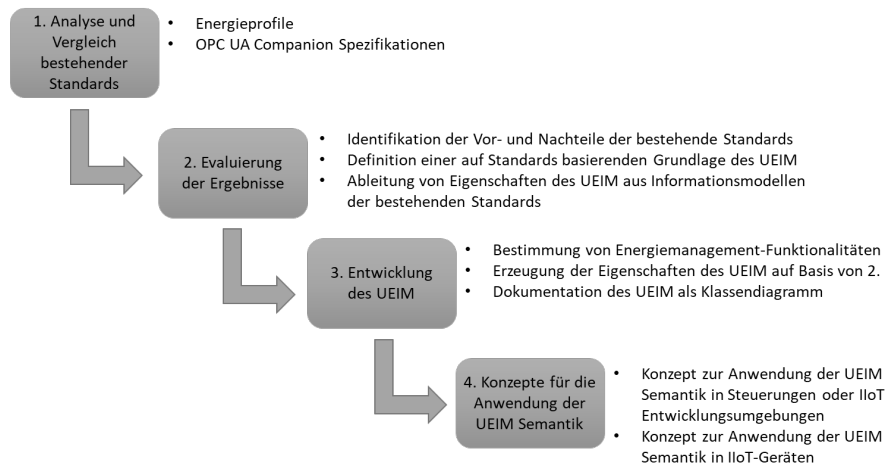


Abbildung 3 Methodisches Vorgehen zur Erzeugung des UEIM

Die Ausgangsbasis für das UEIM bildeten Standards zur Kommunikation von Energieinformationen (z. B. Energieprofile und OPC-UA-Companion-Spezifikationen), die in der Industrie bereits verwendet werden. Diese Standards wurden im ersten Schritt analysiert und anschließend miteinander verglichen. Im Rahmen der Analyse wurde unter anderem ermittelt, welche Energiemanagement-Funktionalitäten die einzelnen Standards bereitstellten und wie die Funktionalitäten semantisch beschrieben werden.

Anschließend wurden im zweiten Schritt die Ergebnisse aus Schritt 1 evaluiert. Hierbei konnten unter anderem Vor- und Nachteile der einzelnen Standards herausgearbeitet und die Frage geklärt werden, welche Energiemanagement-Funktionalitäten durch ein Energieinformationsmodell abgedeckt sein müssen. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden erste notwendige Eigenschaften des UEIM erarbeitet und somit eine Grundlage des UEIM definiert.



Der dritte Schritt wurde dazu genutzt, die erkannten Energiemanagement-Funktionalitäten zu bestimmen und das UEIM mit Hilfe eines Klassendiagramms auf Basis der Erkenntnisse aus Schritt 2 und den Inhalten aus [PRO22] zu modellieren.

Im abschließenden vierten Schritt wurden für die Anwendung der UEIM Semantik Konzepte ausgearbeitet, um die Funktion des Informationsmodells in Steuerungen, IIoT Entwicklungsumgebungen und in IIoT-Geräten zeigen zu können.

3.3 Vergleich von existierenden Standards

Um einen Einblick in die einzelnen Arbeiten des methodischen Vorgehens zur Erzeugung des UEIM zu erhalten, wird in Tabelle 1 ein Ausschnitt aus dem Vergleich von den existierenden Standards PROFienergy, sercos Energy und CIP Energy und deren dazugehörigen Companion Spezifikationen (Schritt 1) vorgestellt.

Tabelle 1 Auszug aus dem Vergleich von existierenden Standards für die Energieinformationsübertragung

OPC UA Companion Spezifikation des Energieprofils:			
Name des Messwerts:	Active Energy Import/ Export	Supplied / Consumed Energy Odometer	Generated / Consumed Energy Odometer
Datentyp:	(optional) Signed Integer / Float32 / Float64	FLOAT64	Struct

In der Tabelle sind links Eigenschaften der Energieprofile und deren OPC UA Companion Spezifikationen definiert, die miteinander verglichen werden. Der Vergleich der Messwertbezeichnung zeigt beispielsweise, dass alle Standards verschiedene Namen für den gleichen Messwert verwenden. Werden die Datentypen dieser Messwerte betrachtet, zeigen sich weitere Unterschiede. PROEnergy kann hierfür die drei Datentypen *Signed Integer*, *Float32* und *Float64* verwenden. Sercos Energy besitzt für den gleichen Messwert nur den Datentyp *Float64* und CIP Energy wiederum verwendet einen eigens definierten strukturierten Datentyp (*Struct*).

Um im UEIM die Energieinformationen einheitlich beschreiben zu können, wurden die Eigenschaften der genannten Standards vereinheitlicht, sodass beispielsweise für das genannte Beispiel aus Tabelle 1 die Energieinformationen unter den Begriffen *Active Energy Consumed Odometer* und *Active Energy Generated Odometer* zusammengefasst wurden.

3.4 Integration des Energieinformationsmodells in der Praxis

Um Energieinformationen mit dem UEIM allgemein beschreiben zu können, wurden die erarbeiteten Inhalte in ein UML-Klassendiagramm überführt. Mit Hilfe des Klassendiagramms konnten die Energieinformationen anschließend durch Erzeugung einer Datei im XML-Schema in eine maschinenlesbare Form übertragen werden. Durch die Verwendung des XML-Schemas als Beschreibungsmittel für das UEIM ist es möglich die Energieinformationen in Entwicklungsumgebungen zu integrieren und diese somit auf Steuerungen oder Edge-Geräte verfügbar zu machen.

Somit können auf Steuerungen oder Edge-Geräten Messinstanzen für Geräte in der Feldebene angelegt werden, die über eine semantisch eindeutige Beschreibung von Energieinformationen verfügen.

4 Abbildung von Messinformationen

In diesem Kapitel wird das UEIM anhand von Teilausschnitten aus dem UML-Klassendiagramm vorgestellt. Abbildung 4 zeigt dafür in einem ersten Teilausschnitt die Klassen, mit denen die Bereitstellung der Energieinformationen (Messinformationen) erfolgen kann.

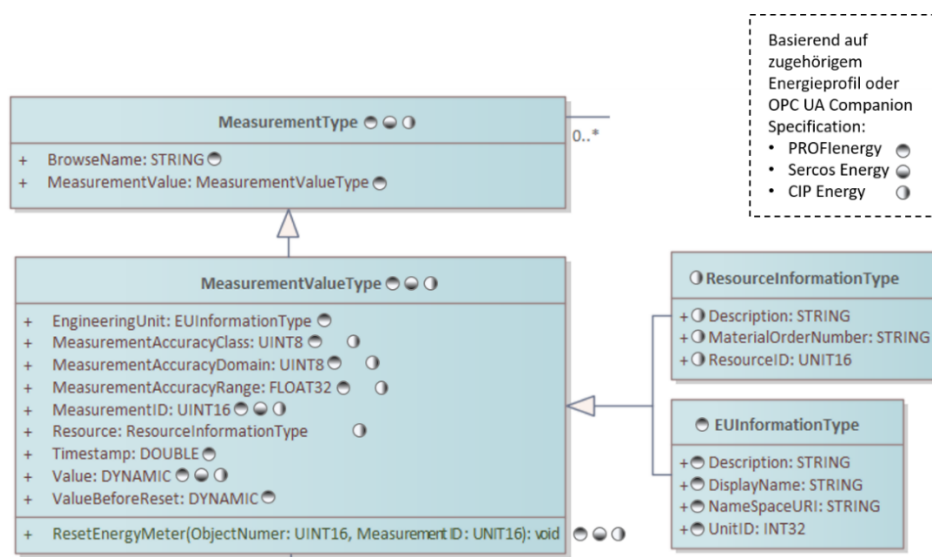


Abbildung 4: Modellierung des UEIM in einem UML-Diagramm

Für die Abbildung eines Messwertes *Value*, z. B. eines Energiezählwertes, muss eine Instanz der Klasse *MeasurementType* angelegt werden. Über das Attribut *BrowseName* kann einem Messpunkt im Feld eine eindeutige Bezeichnung zugewiesen werden. Die Bezeichnung des Messpunktes kann z. B. die Betriebsmittelkennzeichnung eines Sensors und die Benennung des Messorts enthalten. Die Klasseninstanz *MeasurementValue* der Klasse *MeasurementValueType* enthält detailliertere Informationen zu der abzubildenden Messung. Diese detaillierteren Informationen werden nachfolgend zusammengefasst:

Um dem abzubildenden Messwert (*Value*) eine Maßeinheit zuzuordnen, wurde das Attribut *EngineeringUnits* vom Typ *EUInformation* spezifiziert. In der dazugehörigen Unterklasse *EUInformationtype* sind weitere Attribute hinterlegt. Die *NamespaceURI* dient zur Identifikation der Firma oder Normungsorganisation, die die Einheitsangaben spezifiziert haben. Jeder Einheit ist eine eindeutige *UnitID* (z. B. 4937544 für die Einheit der Messgröße Energie) zugewiesen. Weitere Angaben zur Einheit sind die Bezeichnung der Einheit in Volltext in *Description* (z. B. Kilowattstunde) und eine entsprechende Abkürzung in *DisplayName* (z. B. kWh).

Die Attribute mit dem Präfix *MeasurementAccuracy* werden zur Beschreibung von Messgenauigkeiten verwendet. Durch den Wert des Attributs *MeasurementAccuracyDomain* wird die Auswahl eines Messgenauigkeitstyps vorgenommen. Mit dem Messgenauigkeitstyp wird angegeben, ob sich die relative Messabweichung (*MeasurementAccuracyClass*) auf den Messbereichsendwert (Wert: 1) oder den aktuellen Messwert (Wert: 2) bezieht. Der zugehörige Messbereichsendwert kann ggf. im Attribut *MeasurementAccuracyRange* hinterlegt werden. Weitere Messgenauigkeitstypen ermöglichen die Norm-basierte Angabe von Messgenauigkeiten nach DIN EN 61557-12 (Wert: 3) [DIN EN 61557-12] oder DIN EN 50470-3 (Wert: 4) [DIN EN 50470-3].

Die *MeasurementID* ist eine Kennzahl, die zur eindeutigen Identifikation der zugehörigen Messgröße genutzt werden kann. Diese Kennzahl verweist auf die Zeile einer Messgrößentabelle, der Informationen wie Datentyp, Einheit oder weitere Messgrößenspezifische Informationen entnommen werden können. Die beschriebene Messgrößentabelle wurde auf der Basis der PROFIenergy-Spezifikation erstellt und um weitere Messgrößeneinträge aus den weiteren betrachteten Energieprofilen erweitert, sodass elektrische Messwerte wie beispielsweise elektrische Leistung, aber auch nicht-elektrische Messwerte wie Wärmeströme abgebildet werden können.

Um eine eindeutige Zuordnung von Messungen zu einem Ressourcentyp zu ermöglichen, wird die Instanz *Resource* von *ResourceInformationType* erstellt. Dieses Merkmal des UEIM basiert auf der CIP Energy Spezifikation. Die dem Attribut *ResourceID* zugewiesene Identifikationsnummer legt einen eindeutigen Ressourcentyp, wie z. B. Druckluft fest. Die volle Bezeichnung der Ressource wird mit *Description* zugewiesen. Durch die *MaterialOrderNumber* kann die Bereitstellung einer Firmen-spezifischen Bestellnummer erfolgen.

Das Attribut *TimeStamp* kann verwendet werden, um einen gerätespezifischen Zeitstempel bereitzustellen, der mit Hilfe eines Zeitsynchronisationsprotokolls erstellt werden kann. Dadurch kann die Qualität des Zeitstempels individuell auf Geräteebeane bestimmt werden.

Wenn der abzubildende Messwert einen Energiezähler darstellt, kann der Zählerwert in das Attribut *ValueBeforeReset* Attribut geschrieben werden, bevor er mit der bereitgestellten Methode *ResetEnergyMeter* zurückgesetzt wird.

Ein weiterer Teilausschnitt des UEIM ist in Abbildung 5 dargestellt. In der Abbildung sind Interface-Beispiele dargestellt, die zum automatischen Anlegen von Geräte-spezifischen Messknotenordnungen geeignet sind. Die Klasse *MeasurementValueType* kann diese Interfaces optional implementieren, um die Bereitstellung mehrerer Messgrößen in einem Arbeitsschritt zu ermöglichen. Eine Messknotenordnung kann zum Beispiel drei einzelne Phasenströme umfassen, die bei der integrierten Überwachung der Phasenströme eines intelligenten 3-phasigen Motorschutzschalters vorliegen. Die Interfaces wurden auf Basis der Inhalte der PROFIenergy Companion Spezifikation erstellt und um weitere Interfaces ergänzt.

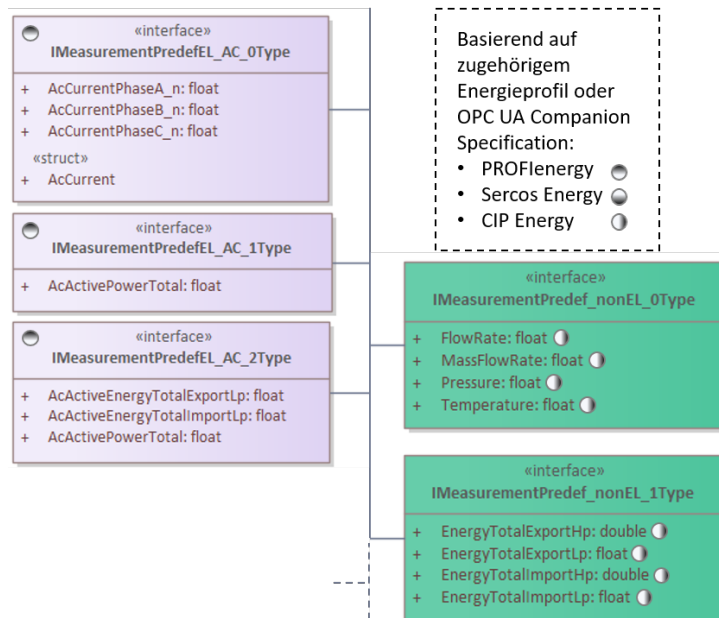


Abbildung 5: Interfaces zur Ergänzung des UML-Klassendiagramms

Zur Unterscheidung von Interfaces zur Bereitstellung von elektrischen Messgrößen (violett) und nicht-elektrischen Messgrößen (blaugrün) wurden die Interfaces mit Suffixen versehen. Das Suffix *EL_AC_nType* wurde angelegt, um elektrische Messknoten-anordnungen aus Wechselstrom-Systemen bereitzustellen. Für die Vollständigkeit ist im UEIM dementsprechend auch das Suffix *EL_DC_nType* für Gleichstrom-Systeme hinterlegt. Nicht elektrisch charakterisierte Interfaces werden mit dem Suffix *nonEl_nType* gekennzeichnet. Die hinzugefügten nicht-elektrischen Interfaces sind für Geräte wie Durchflussmesser (*IMeasurementPredef_nonEl_0Type*) und nicht-elektrische Energiezähler (*IMeasurementPredef_nonEl_1Type*) vorgesehen. Für die Bereitstellung von Energiezählerwerten stehen unterschiedlich große Datentypen zur Auswahl, um die Messwerte möglichst effizient bereitstellen zu können.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag beschreibt den Entwurf eines einheitlichen Energieinformationsmodells (kurz UEIM), welches die Möglichkeit bietet, Energieinformationen aus einer heterogenen Feldebene zu vereinheitlichen, um so den Engineering-Aufwand für die Erstellung von Energiemanagement-Programme reduzieren zu können. Im Stand der Technik werden die Möglichkeiten aufgezeigt, wie Energieinformationen in einem Automatisierungssystem mit den bestehenden Systemen kommuniziert werden können. Des Weiteren wird erläutert, welches methodische Vorgehen gewählt wurde, um das

UEIM erzeugen zu können. Das UEIM zeichnet sich dadurch aus, dass es auf existierenden Standards basiert, da sich diese Standards in der Praxis zur Kommunikation von Energieinformationen bewährt haben. Im Anschluss wird die Modellierung des UEIM und Ausschnitte aus der Darstellung von Messinformation aufgezeigt, um so einen detaillierten Einblick in die Inhalte des Modells zu erhalten.

Nach Prüfung des UEIM durch verschiedene Arbeitskreise wird dieses Informationsmodell nun einer Joint Working Group, unter Beteiligung von VDMA, ZVEI, PI, ODVA und OPC Foundation zur Standardisierung in Form einer OPC-UA-Companion-Spezifikation zugeführt.

Zusätzlich wird in einem nächsten Schritt ein Demonstrator aufgebaut, der verschiedene energetische Anwendungsfälle aus dem Automatisierungstechnischen Umfeld abbildet, um so die Funktion des UEIM bestätigen und evaluieren zu können.

Die Inhalte dieses Beitrags wurden im Rahmen des IGF-Vorhabens 21329-N (Projektname IoT_EnRG), das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) auf Grundlage eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wird, erarbeitet. Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung des Projekts.

6 Literaturverzeichnis

- [BAL12] J. Balanowski: *Handbuch Lastmanagement: Vermarktung flexibler Lasten: Erlöse erwirtschaften-zur Energiewende beitragen: Deutsche Energie-Agentur*, 2012.
- [BEG+19] J. Bränzel, D. Engelmann et al. (Hrsg.): *Energiemanagement: Praxisbuch für Fachkräfte, Berater und Manager. 2., überarbeitete Auflage*. Wiesbaden: Springer Vieweg (Springer eBook Collection), 2019.
- [DIN EN 50470-3] DIN EN 50470-3. *Wechselstrom-Elektrizitätszähler - Teil 3: Besondere Anforderungen - Elektronische Wirkverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen A, B und C*, 2022.
- [DIN EN 61557-12] DIN EN 61557-12. *Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen*, 2016.
- [ISO 50001] ISO 50001. *Energy management systems -Requirements with guidance for use*, 2018.
- [NiWÜ20] K.-H. Niemann, A. Würger: *Potenziale von PROFIenergy in der Prozessindustrie*, 2020.
- [ODV21] ODVA, Inc.: *Common Industrial Protocol. 3.31. Aufl.*, 2021.
- [OPC21] OPC Foundation: *OPC UA for Energy Management. Release 1.00*, 2021.

- [PRO18] PROFIBUS and PROFINET International: *PROFINET Systembeschreibung: Technologie und Anwendung*, 2018.
- [PRO21] PROFIBUS and PROFINET International: *Common Application Profile PROFIenergy: Technical Specification for PROFINET*. V1.3, 2021.
- [PRO22] PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.: *Informationsmodelle: PI-Strategie für Industrie 4.0*, 2022.
- [RRN+21] L.-T. Reiche, M. Runge, K.-H. Niemann, A. Fay: *Communication of energy data in automation systems*. In: *Communication in automation: 17th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems 2021: WFCS 2021: 9-11 June 2021, Linz, Austria*. Piscataway, NJ: IEEE, S. 45–48, 2021.
- [RRN+22] M. Runge, L.-T. Reiche, K.-H. Niemann, A. Fay: *Wie können heterogene Prozessdaten automatisch in einem Energiemanagementsystem zusammengeführt werden?* In: Härle, Jäkel, Sand (Hrsg.): *Tagungsband AALE: Wissenstransfer im Spannungsfeld von Autonomisierung und Fachkräftemangel*. Leipzig: Hochschule für Technik Wirtschaft und Kultur, 2022.
- [SER18] Sercos International e.V.: *Sercos III 1.3.2 Subprofile Sercos Energy*. 1.3.2-1.1, 2018.
- [UWJ20] J.R. Uffelmann, P. Wienzek, M. Jahn (Hrsg.): *IO-Link - Band 1: Anwendung: Schlüsseltechnologie für Industrie 4.0*. 3. Auflage. Essen: Vulkan-Verlag GmbH, 2020.
- [WNF+19] A. Würger, K.-H. Niemann, A. Fay, M. Gienke, M. Paulick: *Integriertes Anlagenengineering zur Erhöhung der Energieeffizienz*. atp magazin, Vol. 61, S. 70, 2019.
- [WNF18] A. Würger, K.-H. Niemann, A. Fay: *Concept for an Energy Data Aggregation Layer for Production Sites A Combination of AutomationML and OPC UA*. In: *IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) (1)*, S. 1051–1055, 2018.
- [WÜR20] A. Würger: *Automatisierte Generierung von Energiemanagementfunktionen auf Basis des PROFINET-Energieprofils: Dissertation*, 2020.
- [WÜR21] A. Würger: *Optimizing the engineering of technical energy management systems*. In: Drath (Hrsg.): *AutomationML: The industrial cookbook*. 1. Auflage. Berlin: De Gruyter Oldenbourg (De Gruyter STEM), S. 539–554, 2021.