

Stellungnahme des Fachbereiches Elektrische Energiemesstechnik der PTB (FB 2.3) zum Eröffnungsbeschluss 2017/29 der Clearingstelle EEG vom 18. Juli 2017

Sehr geehrte Damen und Herren,

zu Ihrem oben genannten Beschluss nehme ich wie folgt Stellung:

1 Allgemeines

1.1 Arbeitsstand dieser Ausarbeitung und Zuständigkeiten

Diese Stellungnahme dient nur als Diskussionsbeitrag. Die Durchführung des EEG fällt nicht in den Zuständigkeitsbereich der PTB. Die teilweise komplizierten EEG-Regelungen betreffend die Unterscheidung von diversen Energiebezügen und -lieferungen erfordern mitunter tiefgehende, netzwerktheoretische Analysen, die aus PTB-Sicht noch weiterer Betrachtungen bedürfen. Wir setzen in der PTB auch in dieser Sache große Hoffnungen in den von der Clearingstelle initiierten Behörden-Runden-Tisch mit der Clearingstelle beim BMWi. Über ihn könnte es auch gelingen, mit der für das EEG zuständigen BNetzA im Vorfeld des Entwurfes von künftigen Regelungstexten gemeinsame Lösungen und Verständnisgrundlagen zu schaffen.

Diese Stellungnahme widmet sich im Zusammenhang mit dem Eröffnungsbeschluss 2017/29 auch der grundsätzlichen Frage angemessener Ansätze zur Ermittlung von Vagheit bei indirekten Messungen, insbesondere durch Differenzbildung.

Die Stellungnahme macht keine konkreten Lösungsvorschläge für die im Eröffnungsbeschluss beschriebenen Anwendungsfälle. Stattdessen wird der Ansatz vorgeschlagen, sich unter den Fachleuten zunächst auf ein generisches Universalersatzschaltbild zu verständigen. Aus diesem Bild sollen dann durch Variation für jetzige und künftige Anwendungsfälle des EEG Schaltbilder abgeleitet werden können, die eine Beurteilung der Eichrechtskonformität von Messkonzepten vereinfacht ermöglichen.

Diese Stellungnahme geht auch dem Leiter der UAG „Komplexe Messstellen“ in der FNN PG „Mindestanforderungen an Messstellenbetrieb und Messung“, Herrn Wetzels, sowie den Leiter des AGME AA „Elektrizitätsmesstechnik“ zu.

1.2 Komplexe Messstellen – Indirekte Messungen

Die in dem Eröffnungsbeschluss aufgeworfenen Fragen betreffen unter anderem Messaufgaben, bei denen Messergebnisse aus Berechnungen mit Messwerten aus einzelnen Messgeräten gewonnen werden. Messgerätekonzellationen, die für derartige Messergebnisse die Messwerte liefern werden in anderen Dokumenten auch „komplexe Messstellen“, „virtuelle Zählpunkte“ oder „indirekte Messungen“ genannt. Ich verwende in dieser Stellungnahme den Begriff „indirekte Messungen“ in Anlehnung an DIN 1319-3 und Literatur [Hart, Lotze, Woschni: Messgenauigkeit. VEB Verlag Technik, Berlin 1989].

1.3 Eichrechtliche Schutzziele müssen unabhängig von technischen Lösungsalternativen für die messtechnische Aufgabe erreicht werden

Indirekte Messergebnisse können durch in den Anwendungsbereich des MessEG fallende Zusatzeinrichtungen gebildet werden. Solche Zusatzeinrichtungen sind z.B. die Smart Meter Gateways nach MsbG. Indirekte Messergebnisse können auch durch Berechnungen auf Rechenanlagen in Backend-Systemen gebildet werden. Aus Sicht des FB 2.3 der PTB müssen in beiden Fällen die Schutzziele des MessEG in gleicher Weise erfüllt werden. Die Anforderungen an die Sicherheit und Vertrauenswürdigkeit der Messergebnisse muss gleich sein.

1.4 Rolle des Regelermittlungsausschusses (REA) nach § 46 MessEG

Das Mess- und Eichrecht räumt dem REA weitgehende Zuständigkeiten betreffend der von Messergebnissen einzuhaltenden Fehlergrenzen ein. Einschlägig ist insbesondere der §22, Abs. 2 MessEV. Danach kann der REA die bei Messungen einzuhaltenden Verkehrsfehlergrenzen festlegen.

Einschlägig ist außerdem der durch die zweite Änderungsverordnung zur Mess- und Eichverordnung erweiterte §25 der MessEV:

§ 25 Ausnahmen bei Werten für Messgrößen

Werte für die folgenden Messgrößen dürfen Verwender angeben oder verwenden, auch ohne dass die angegebene Größe mit einem Messgerät im Sinne des Mess- und Eichgesetzes und dieser Verordnung ermittelt worden ist:

....

7. Messgrößen, deren Werte als Summe, Differenz, Produkt oder Quotient oder Kombinationen davon aus Messwerten gebildet werden, welche mit einem dem Mess- und Eichgesetz und dieser Verordnung entsprechendem Messgerät ermittelt worden sind, sofern der Regelermittlungsausschuss nach § 46 des Mess- und Eichgesetzes Regeln hierfür ermittelt hat, die eine Feststellung zu den zulässigen Abweichungen der Werte von den wahren Werten beinhalten und deren Fundstelle von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt im Bundesanzeiger bekannt gemacht wurde; die für diese Rechenoperationen verwendeten Messwerte müssen mit angegeben werden.“

Demnach ist der REA das entscheidende Organ, um Regeln zu benennen, deren Einhaltung die Vermutung bewirkt, dass Messungen mess- und eichrechtskonform erfolgen. Sich im vom REA vorgegebenen Rahmen bewegende Empfehlungen der Clearingstelle werden sich auf breite Zustimmung der für den Eichbehörden freuen dürfen.

1.5 Beschlüsse des AGME AA „Elektrizitätsmesstechnik“

Über das Thema „Anforderungen an Messergebnisse aus indirekten Messungen“ wurde in der letzten Sitzung des AGME AA „Elektrizitätsmesstechnik“ ausführlich im Beisein der Clearingstelle diskutiert.

Die getroffenen Beschlüsse im Wortlaut des Protokollentwurfes:

Thema 3.5

Diskussion und Fragen – Gast: Frau Dr. Mutlak von der Clearingstelle EEG

Die Clearingstelle EEG hat zahlreiche Fragen zur Eichrechtskonformität von Messtellen nach EEG 2017 gestellt. Unabhängig davon, ob die MessEV, §25 Nr. 7 entsprechend dem Vorstoß des BMWi geändert wird oder nicht, müssen die Fragen so beantwortet werden, dass Rechtssicherheit im Bereich EEG-Messungen besteht. Es ist zu klären, ob ein Dokument mit Leitlinien erarbeitet werden soll und wenn ja, von wem. (Clearingstelle, AGME AA "Elektro", PTB-AK "ELSE" oder FNN).

Beratungsergebnis 3.5:

Frau Dr. Mutlak organisiert mit dem BMWi einen runden Tisch zum Mess- und Eichrecht zusammen mit Mitgliedern dieses AA Elektro (Behörden und öffentlicher Teil). Ziel ist es, Doppelarbeiten bei der Erstellung von Normen und (daraus) ermittelten Regeln des REA zu vermeiden.

Zum Thema Differenzbildung:

- Die Projektgruppe metering code (FNN) könnte die Erarbeitung zur Thematik Differenzbildung unter Mitarbeit von PTB und Eichbehörden übernehmen (verantwortlich: Herr Kramny)
- Herr Schwarz (PTB) [Anm. Kahmann: Dr. Roman Schwarz, REA-Vorsitzender und Vizepräsident der PTB] wird über diese geplante Vorgehensweise von Herrn Klein informiert.
- Frau Dr. Mutlak nimmt Kontakt zur Arbeitsgruppe komplexe Messstellen der Projektgruppe metering code des FNN auf und berichtet über das heute in diesem AA Elektro besprochene Thema Differenzbildung.

Der AGME AA „Elektrizitätsmesstechnik“ sieht demnach die VDE-AR-4400, die derzeit überarbeitet wird, als am besten geeignetes Dokument an, um Regeln für die eichrechtskonforme Ermittlung der Ergebnisse indirekter Messungen zu entwickeln. Das beim FNN für die Aktualisierung der VDE-AR-4400 zuständige Gremium ist eine Unterarbeitsgruppe (UAG) der Projektgruppe „Mindestanforderungen an Messstellenbetrieb und Messung“. In dieser UAG sind bereits zahlreiche spezialisierte Fachleute von Seiten der Netz- und Messstellenbetreiber und der Eichbehörden vertreten. Der FB 2.3 der PTB unterstützt deshalb die vom AGME AA „Elektrizitätsmesstechnik“ vorgeschlagene Lösung mit folgenden, ergänzenden Hinweisen:

Der von der Clearingstelle initiierte Runde Tisch wird seitens des PTB-FB 2.3 als essenziell angesehen, um die zuständigkeitsbedingten Aktivitäten der BNetzA, des REA und der Eichbehörden bei der Festlegung von Regeln für das eichrecht- und eeg-konforme Ausgestalten von Messstellen mit indirekten Messungen zu koordinieren. Dieser Runde Tisch ist am besten geeignet, im Konflikt stehendes oder konkurrierendes Agieren von Behörden zu vermeiden.

Die Bedarfsgerechtigkeit der in der VDE-AR-4400 geregelten Lösungen für EEG-Messstellen kann am besten durch die Clearingstelle erfolgen. Die Clearingstelle ist neben den Netzbetreibern am häufigsten mit den Fragestellungen konfrontiert, die in der Praxis des EEG auftreten.

Damit die Arbeitsergebnisse aus der FNN-UAG möglichst gute Aussichten auf Anerkennung durch den REA haben, sollte die personelle Besetzung der FNN-UAG in Abstimmung mit der Clearingstelle in einer Weise erfolgen, die eine angemessene Repräsentanz aller relevanten Interessenskreise sicherstellt. Die Clearingstelle wäre auch die richtige Akteurin, um den REA über das BMWi bzw. den runden Tisch mit dem Projekt vertraut zu machen.

1.6 Sprachliche Unschärfe des EEG

Grundsätzlich ist zu beklagen, dass das EEG leider vielfach nicht die physikalisch zutreffenden Benennungen für die gemeinten Begriffe verwendet. Z.B. wird im §61 an verschiedenen Stellen von „Strom“ statt von „Energie“ gesprochen. Außerdem ist von in einer Batterie verbrauchter Energie die Rede, wo vermutlich die Summe der von der Batterie verbrauchten und in sie eingespeicherten Energie gemeint ist, um nur zwei Beispiele zu nennen. Es sollte seitens der Clearingstelle unbedingt beim BMWi darauf gedrungen werden, dass bei der nächsten Ausgabe des EEG die komplexe physikalisch-technische Sachverhalte regelnden Paragraphen definierte, feststehende Benennungen entsprechend den DIN-Normen und des Einheiten- und Zeitgesetzes verwenden. Ansonsten wird nicht klar, was der Gesetzgeber eigentlich wollte und Fehlinterpretationen sind vorprogrammiert.

2 Grundsätzliche technische Anmerkungen zu indirekten Messungen

2.1 Ersatzschaltbild

Die PTB wird dem FNN vorschlagen, ein generisches Ersatzschaltbild für Messstellen mit indirekten Messungen einzuführen. Dabei sollten zunächst die Konstellationen betrachtet werden, in denen sich einzelne Netzwerkzweige mit unterschiedlichen Preisen für gelieferte und bezogene Energie als Verbraucher-, Erzeuger- oder „Prosumer“-Zweipole zusammenfassen lassen, die alle gemeinsam über einen ggf. vorhandenen Hauptzähler an den Netzanschlusspunkt angeschlossen sind. D.h., es wird unterstellt, alle Zweipole liegen an der derselben Netzspannung an. Dieses Modell hat den Vorteil, dass das Energiefluss-Netzwerk mit einem Strom-Netzwerk topologisch äquivalent ist (Theorem von Tellegen). Energieflüsse und Stromflüsse verhalten sich topologisch gleich und die Berechnung der Teil-Flüsse kann unter Anwendung der Kirchhoffschen Regel für Knotenströme erfolgen. Eine wichtige Konsequenz dieses Ansatzes besteht in der Möglichkeit, die Flüsse in den Zweigen nach dem Überlagerungsprinzip zu berechnen. Als entscheidender Faktor betreffend die Aufteilung der Ströme, die aus Quellen in den Pfaden fließen, sind dabei netzwerktheoretisch auch die Innenimpedanzen der Pfade zu berücksichtigen.

Ein Vorschlag für ein derartiges, generisches Netzwerk, aus dem dann für einzelne konkrete Anwendungsfälle durch Weglassen oder Ergänzen von Zweigen spezielle Netzwerke abgeleitet werden können, zeigt das Bild 1:

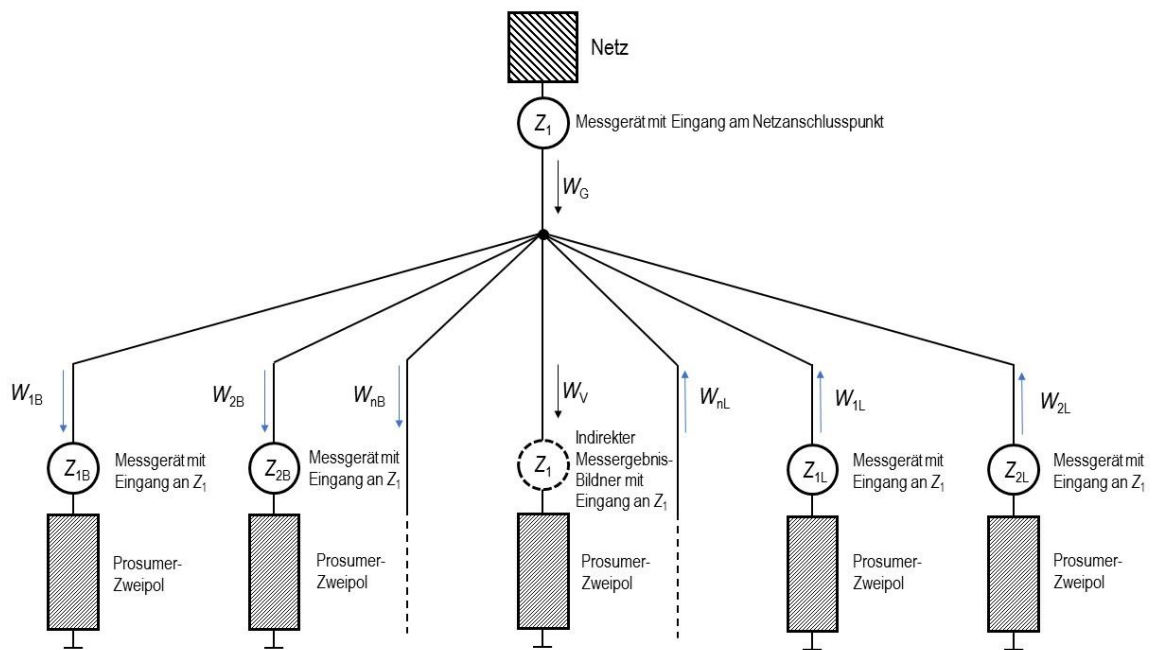


Bild 1: Generisches Schaltbild für indirekte Messungen

Hinweis zu Bild 1: In dem Schaltbild werden die Zweige nach Bezug und Lieferung gruppiert. Außerdem ist zu beachten, dass für die Ermittlung der Messunsicherheit von indirekten Messungen eine Momentaufnahme erfolgen muss, da bei Differenzbildungen die Unsicherheit von der Aufteilung der Ströme abhängig ist. Die PTB wird vorschlagen, dieses Bild in der FNN-UAG kritisch auf Eignung zu prüfen und erforderlichenfalls bedarfsgerecht anzupassen.

2.2 Fehlergrenzen bei indirekten Messungen

Bei indirekten Messungen muss der Grad der Ungewissheit über den wahren Wert nur durch Anwendung mathematischer Verfahren bestimmt werden. Als angemessenes Verfahren betrachtet der FB 2.3 der PTB die sogenannte Intervallarithmetik (<https://de.wikipedia.org/wiki/Intervallararithmetik>).

Dazu folgende Begründung:

Wahrscheinlichkeitstheoretische Ansätze aus dem GUM (ISO/IEC Guide 98-3:2008) unter Nutzung der Grundsätze der Gaußschen Fehlerfortpflanzung dienen der Bestimmung von Vagheit, die in zufälligen Erscheinungen ihre Ursache hat. Fehlergrenzen sind jedoch unabhängig vom Zufall. Um das Ziel des Eichrechts zu erreichen, den Verbraucher mit „praktisch“ 100%tiger Wahrscheinlichkeit vor Messergebnissen außerhalb der Fehlergrenzen zu schützen, muss sichergestellt sein, dass auch die Messergebnisse indirekter Messungen innerhalb bekannter Fehlergrenzen liegen. Das leistet die Intervallarithmetik.

Die Anwendung der Intervallarithmetik ist für Summen- und Differenzbildungen einfach und ohne höhere Mathematik möglich. Andere Rechenoperationen sind bei der stationären Betrachtung von Netzwerken wie sie Bild 1 zeigt nicht erforderlich.

Der kritische Fall ist die Differenzbildung. Hierbei sind die mit der Intervallarithmetik berechneten Fehlergrenzen indirekter Messungen eine Funktion des Verhältnisses von Minuend zu Subtrahend. Je geringer der Unterschied zwischen beiden, desto größer die Vagheit des indirekten Messergebnisses. Das gilt unabhängig von dem Verfahren der Messunsicherheitsberechnung gilt auch für stochastische Berechnungsansätze gemäß GUM. (Die rechnerische Herleitung der Klassenfehlerberechnung mit Intervallrechnung wird der FNN-UAG zur Verfügung gestellt werden).

Zusammengefasst vertritt der Fachbereich 2.3 der PTB vor vorgenanntem Hintergrund folgenden Standpunkt:

Zunächst müssen die Fehlergrenzen der indirekten Messungen aus den Fehlergrenzen der Messwerte liefernden Einzelmessgeräte mit einer mathematischen Methode berechnet werden, die alle möglichen Messabweichungen der Einzelmessgeräte praktisch einschließt. Sollten sich daraus in der Praxis mit vernünftigen Aufwand nicht einzuhaltende Anforderungen an die Einzelmessgeräte ergeben, sollte der REA durch Festlegung erweiterter Verkehrsfehlergrenzen im Konsens mit allen Betroffenen den Grad als eichrechtkonform zu akzeptierender Vagheit bestimmen. Dies sollte unter Berücksichtigung der Abhängigkeit der Vagheit vom Verhältnisses der Minuend-Messwerte zu den Subtrahend-Messwerten erfolgen.

(Hinweis: Der Ansatz, die Intervallarithmetik statt des GUM zu verwenden, muss innerhalb der PTB noch mit der Arbeitsgruppe „Datenanalyse und Messunsicherheit“ diskutiert werden. Das ist jedoch erst ab Oktober 2017 möglich.)

2.3 Energieflussrichtungs- und Leistungsschwellenindikatoren als Messgeräte mit diskontinuierlichem Messbereich

In Schaltungsvorschlägen für Messstellen nach dem EEG wird mitunter die Verwendung von Komponenten vorgeschlagen, die Energierichtungen oder Leistungsschwellwerte messen. Der AGME AA „Elektrizitätsmesstechnik“ vertritt die Auffassung, dass es sich bei diesen Komponenten um in den Anwendungsbereich des Messeg fallende Messgeräte mit einem diskontinuierlichen Anzeigebereich handelt und diese Geräte als „Messgeräte für andere Messgrößen bei der Lieferung von Elektrizität“ REA-Kategorie 6.7 einzustufen sind. Sie bedürfen daher einer eichrechtlichen Konformitätserklärung durch den Hersteller. Für diese Geräte könnte z.B. über das DKE K461 „Messeinrichtungen und -systeme für Elektrizität“ eine VDE-Anwendungsregel mit Anforderungen erarbeitet und dem REA zur Ermittlung vorgelegt werden. Die Initiative müsste von Hersteller-Seite kommen. Ein entsprechender Normungsantrag kann beim zuständigen DKE-Referenten, Herrn Lorenzo Uhl, (lorenzo.uhl@vde.com) eingereicht werden. Das K461 hat seine nächste Sitzung am 7.12.2017 und könnte dann über den Antrag entscheiden. Grundsätzlich gibt es bereits Elektrizitätszähler, die die Vorzeichen der Leistungen und auch Leistungsschwellen erkennen können. Aus den Normen für diese Geräte könnten Vorgaben für Unsicherheiten übernommen werden.

2.4 Korrelation - Nicht stationäre Situation

Wie bei den Erläuterungen zu Bild 1 bereits erwähnt, können sich bei Prosumern die Richtungen der Flüsse in das öffentliche Netz zeitabhängig ändern. Daraus können nach EEG zeitabhängige Änderungen von Vergütungsansprüchen und Umlage-Forderungen entstehen. Um den Zusammenhang zwischen verschiedenen Flüssen mathematisch zu beschreiben, ist das Instrument der Korrelationsrechnung auf Eignung zu prüfen. Inwieweit es messtechnisch möglich ist, durch bloße Ermittlung von Flussrichtungen, also dem Signum der mittleren Leistung, festzustellen, ob der von einer Quelle abgegebene Strom einerseits und Anteile des von einer Senke aufgenommenen Stromes andererseits zu 100% korreliert sind, muss aus Sicht der PTB erst noch gezeigt werden. Bis zum Vorliegen von besseren Vorschlägen wird zur Festlegung einer vollständigen Korrelation im Sinne des EEG seitens der PTB folgender Ansatz vorgeschlagen:

Entsprechend EEG §61h wird für die Korrelation nicht eine Betrachtung der Augenblickssituation des Leistungsflusses betrachtet, sondern die innerhalb von 15-Minuten-Intervallen gemessene Arbeit (= Leistungsmittelwert*15 Minuten). Die 24 Stunden eines Tages sind in ein Raster von 96 Intervallen eingeteilt. Das in Bild 1 gezeigte Netzwerk ist jeweils für jedes dieser 96 Intervalle getrennt betreffende der Flüsse zu analysieren. Die von einer Quelle in dem Intervall n abgegebene Energie $W_{\text{Intervall Nr.n}}$ ist genau dann mit der Energieaufnahme von einer Senke vollständig korreliert, wenn in demselben Intervall mindestens die Energie $W_{\text{Intervall Nr.n}}$ von der Senke aufgenommen wurde. Wird die abgegebene Energie an mehrere parallel geschaltete Zweipole abgegeben, kann die Aufteilung der Energie nur unter Berücksichtigung der Innenimpedanzen der Zweipole ermittelt werden, wenn die Zweipole zusätzlich auch von Strömen aus dem Netz oder anderen Quellen durchflossen werden.

2.5 Speicher/Batterie

Eine allgemeingültige, eichrechtlich akzeptable Methode zur Bestimmung der in einer Batterie zu einem bestimmten Zeitpunkt enthaltenen Energie durch die Messung des Augenblickswertes eines elektrischen Parameters der Batterie ist derzeit nicht bekannt. Die in eine Batterie geflossene Energie kann nur durch eine Arbeitsmessung am Batterie Eingang bestimmt werden. Die in einer Batterie

aktuell gespeicherte Energie kann nur durch eine vollständige Entladung der Batterie gemessen werden. Die Differenz zwischen Energieaufnahme aus dem Status „Batterie leer“ und Energieabgabe bis zum Status „Batterie leer“ kann als Maß für deren Wirkungsgrad und die Batterieverluste genutzt werden. Der Wirkungsgrad ist ein individuelles Merkmal jeder Batterie, enthält die Verluste durch Selbstentladung sowie durch lade- und entladestrombedingte joulesche Wärme und ist zeitlich nicht konstant. Die Bilanz aus Aufladung und Entladung über eine Saldierungsperiode taugt also nur dann als Maß für die Speicherverluste, wenn der Speicherinhalt zu Beginn und Ende der Periode bekannt ist. Die Regelungen des EEG sind aus Sicht der PTB in dieser Sache überarbeitungsbedürftig.

Grundsätzlich ist aus Sicht der PTB zweckmäßig, alle eeg-rechtlichen Energieflussbetrachtungen auf den Wechselspannungsanschlusspunkt des Batterie-Wechselrichters zu beziehen. DC-Netze von Erzeugungsgeneratoren und Batterien innerhalb von Anlagen sollten als Einheit betrachtet und nur die wechselfrequenzmäßige Wirkung nach Wechselrichtung gegenüber den Wechselspannungsnetzen betrachtet werden, da Netzdienlichkeit sich nur auf die AC-Verteilungsnetze beziehen kann.

3 Zusammenfassung

Der PTB-FB 2.3 „Elektrische Energiemesstechnik“ empfiehlt betreffend des Eröffnungsbeschlusses 2017/29 der Clearingstelle EEG vom 18. Juli 2017

1. Es ist zuverifizieren, ob sich EEG-Messstellen als Spezialfälle eines allgemeinen Ersatzschaltbildes der linearen Netzwerktheorie darstellen lassen und ob sich die Energieflüsse durch ein Stromfluss-Ersatzschaltbild nach den Regeln der linearen Netzwerktheorie für Zeitabschnitte von 15 Minuten hinreichend genau modellieren und berechnen lassen.
2. Sofern Nr. 1 umsetzbar, sollten in Zusammenarbeit mit der FNN UAG „Komplexe Messstellen“ unter Beteiligung der Clearingstelle und ausgewählter Repräsentanten betroffener Gruppen durch Ableitung der im EEG vorgesehenen Anwendungsfälle für indirekte Messungen konkrete Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Diese sind dann dem REA vorzulegen, damit dieser sie als Stand der Technik im Sinne des Eichrechts ermittelt.
3. Geräte zur Erkennung von Energierichtungen oder Leistungsschwellen usw. sind Messgeräte. Anforderungen sollten in Form einer VDE-Anwendungsregel über das DKE K461 erarbeitet und dem REA vorgelegt werden.
4. Die Ermittlung von Speicherverlusten entsprechend EEG §61k ist metrologisch problematisch. Es wäre zu untersuchen, ob nicht auch nicht auf Messwerten beruhende Pauschal-Regelungen die vom EEG gewollten steuernden Wirkungen haben könnten.

Dr.-Ing. M. Kahmann
Leiter des Fachbereiches Elektrische Energiemesstechnik der PTB
Braunschweig, den 30.8.2017