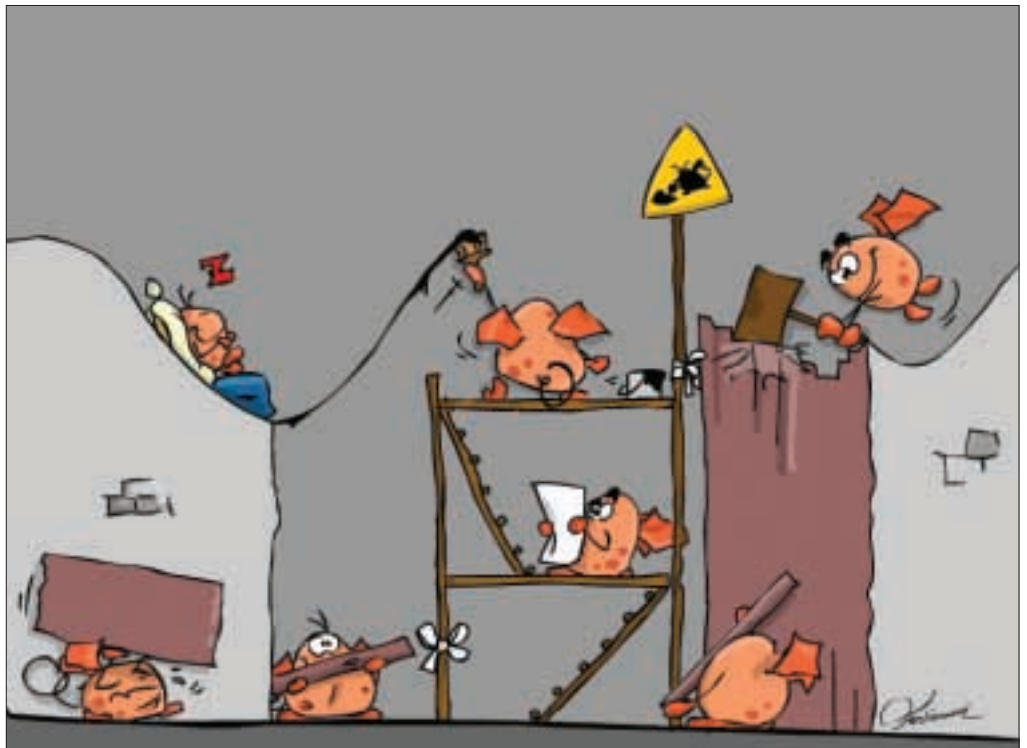


netzpraxis

VWEW Energieverlag GmbH: www.vwew.de

Sonderdruck (Nr. 05 140) aus Jg. 44 (2005), Heft 5, S.28-32



Skalierendes Vergleichswertverfahren zur leistungs- und arbeitsrichtigen Ersatzwertbildung bei Lastgangzählern

von Dipl.-Ing. Winfried Engländer

Skalierendes Vergleichswertverfahren zur leistungs- und arbeitsrichtigen Ersatzwertbildung bei Lastgangzählern

Der Verfasser zeigt ein skalierendes Vergleichswertverfahren auf, mit dem mittels eines mathematischen Verfahrens und unter Berücksichtigung kundenspezifischer Profile eine leistungs- und arbeitsrichtige Abbildung der Ersatzzeitreihen vorgenommen werden kann.

1 Allgemeines

Für fehlende oder fehlerhafte Lastgangdaten wegen nicht vorhandener oder defekter Zähler müssen zeitnah plausible Ersatzwerte gebildet werden, damit alle Marktpartner mit verlässlichen Daten arbeiten können. Mit der Überarbeitung des Metering Codes im Jahre 2004 sind zur Ersatzwertbildung einige neue wichtige Festlegungen zur Zuständigkeit und Vorgehensweise getroffen worden. Bislang gab es keine klare Aussage zur Zuständigkeit und Pflicht zur Ersatzwertbildung. So wurden gelegentlich in der Vergangenheit Ersatzwertbildungen vom Netzbetreiber oder vom Lieferanten vorgenommen.

Die Verfahrensunsicherheit bei der Ersatzwertbildung in der Marktkommunikation führte häufig zu einem Abstimmbedarf zwischen den Nutzern der Abrechnungswerte, der sich durch feste Vorgaben minimieren lässt. Die Pflicht zur Lieferung von Ersatzwerten innerhalb von acht Werktagen durch den Netzbetreiber stand in der Praxis im Widerspruch zu dem im alten Metering Code 2000 geforderten jeweiligen Abstimmerfordernis. Aus diesem Grunde musste eine neue Vereinbarung getroffen werden:

Im Metering Code 2004 ist nunmehr die Verpflichtung zur Ersatzwertbildung eindeutig dem Netzbetreiber zugewiesen, sowie Vorgehensweise und Verfahren zur Plausibilitätsprüfung und Ersatzwertbildung festgelegt!

Im Bereich der Standardlastprofilzähler wird auf die Ersatzwertbildung gemäß Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden (AVBELTV) verwiesen. Im Bereich der Ersatzwertbildung für Lastgangzähler wurde mit dem Ziel, für die Ersatzwertzeitreihen eine größtmögliche Affinität zur Realität herzustellen, in Abhängigkeit vom Vorhandensein einer Vergleichszählung und der Dauer fehlender oder gestörter Zählwertinformationen die grundsätzliche Anwendung von drei Verfahren beschrieben:

- bei Vorhandensein einer Vergleichszählung ist die Zeitreihe der Vergleichszählung anzuwenden,
- bei Lücken kleiner gleich zwei Stunden ist eine lineare Interpolation anwendbar,
- bei größeren Lücken ist ein Vergleichswertverfahren anzuwenden.

Nachfolgend wird der Fokus auf die Anwendung eines Vergleichswertverfahrens gelegt, welches im Metering Code 2004 lediglich angeführt, aber nicht in der exakten Ausprägung beschrieben ist.

2 Vergleichswertverfahren

Das hier beschriebene Verfahren wurde bei der RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH in Excel entwickelt und ist bereits in die Systeme »eCount« (Robotron, Dresden) und »ZFA 32« (Fröschl, Walderbach) integriert.

2.1 Anforderung an Vergleichswertverfahren

Die unterschiedlichen Zeitreihennutzer

- Netzbetreiber
- Lieferanten
- Kunden
- Bilanzkreismanager
- Fahrplanmanager

haben aus der unterschiedlichen Anwendung der Zeitreihen heraus ebenso unterschiedliche Anforderungen an die Ersatzwertqualität.

Während einige Anwendungen mit einer arbeitsrichtigen Ersatzwertbildung auskommen, in der bei der tariflosen Endkundenabrechnung eines einzelnen Zählpunktes lediglich die korrekte Abbildung von Arbeit und Leistung im Monatsintervall relevant ist, steht für die tariforientierte Abrechnung, die Bilanzkreisabrechnung und die Fahrplanerstellung eine möglichst zeitrichtige Abbildung der Zeitreihe im Vordergrund.

Im Folgenden beschreibt der Verfasser ein Verfahren, das diese Anforderungen berücksichtigt.

3 Skalierendes Vergleichswertverfahren

3.1 Grundlagen

Die Ersatzzeitreihe wird aus folgenden Komponenten gebildet:

Ersatzwertparameter

- Arbeit (A_e)
- Max. Leistung (P_e)
- ggf. Tarifzeiten (bei Tariftreue)

+ Ersatzprofil ($A_v(t)$)

Geeignete Ersatzprofile sind

- Historische Zeitreihen des betroffenen Zählpunktes

- VDEW-Profile
- branchenspezifische/kundenspezifische Profile

• ...

+ Skalierendes Ersatzwertverfahren

= Ersatzzeitreihe ($A_e(t)$)

3.2 Bestimmung der Ersatzwertparameter

Bei der Anwendung von Vergleichswertverfahren ist es erforderlich festzustellen, ob und inwieweit bekannte Werte der »gestörten« Zählreihen

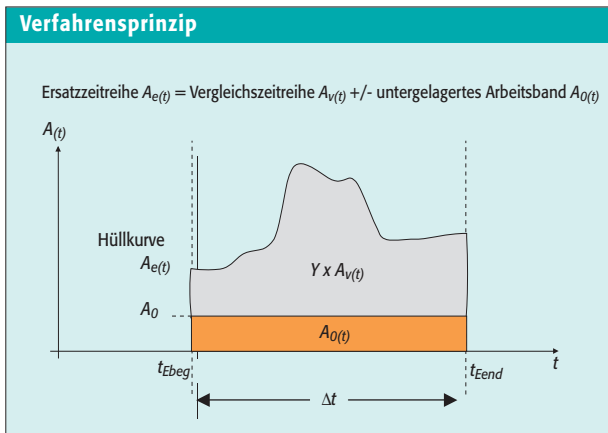


Bild 1: Verfahrensprinzip – Ersatzlastgang aus einem linear skalierten Vergleichlastgang und einem unterlagerten Arbeitsband zusammengesetzt

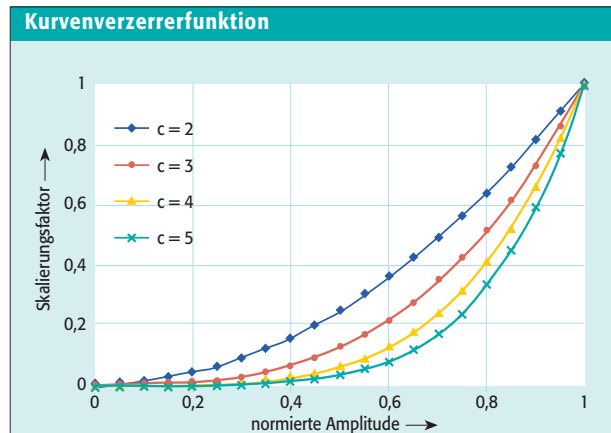


Bild 2: Kurvenverläufe bei verschiedenen Verzerrungsexponenten

tung verfügbar sind. So können bei einer gestörten Lastgang-Registrierung durchaus brauchbare Arbeits- und Leistungsdaten aus einer Ablesung, Verrechnungsliste oder einem Betriebsmessgerät entnommen werden.

Grundsatz einer qualifizierten Ersatzwertbildung muss die Verwendung realer, verfügbarer Werte sein.

Liegen Arbeits- und Leistungsdaten nicht vollständig vor, können die fehlenden Parameter Ersatzarbeit (A_e) und/oder Ersatzleistung (P_e) aus dem nächstliegenden, geeigneten, ungestörten und plausiblen Zeitbereich entnommen werden. Bei Kunden mit offensichtlichem ungleichmäßigem Energiebedarf lassen sich Sondereinflüsse durch die Ermittlung der Ersatzwerte aus einer größeren Anzahl vorhergehender und eventuell auch nachfolgender gleicher Wochentage ausschließen.

Wenn keine Ersatzarbeit (A_e) und Ersatzleistung (P_e) vorliegen, werden diese direkt aus einem dem Störungszeitraum äquivalenten Vergleichszeitraum entnommen:

$$A_e = A_v \text{ (Ersatzarbeit = Arbeit aus dem Vergleichszeitraum)}$$

$$P_e = P_v \text{ (Ersatzleistung = Leistung aus dem Vergleichszeitraum)}$$

Fehlt lediglich einer der notwendigen Ersatzwertparameter Ersatzarbeit A_e oder Ersatzleistung P_e , wird der fehlende Wert aus einem äquivalenten Vergleichszeitraum berechnet:

Fall A:

(fehlende Arbeit; bekannte Leistung; Anwendungsbeispiel: Zähler ist gestört; Leistungswert liegt aus einer Betriebsmessung vor)

$$A_e = \frac{A_v \cdot P_e}{P_v} \quad (1)$$

Fall B:

(fehlende Leistung, bekannte Arbeit; Anwendungsbeispiel: Registriergerät ist defekt; Zählerstände des Basiszählers liegen vor)

$$P_e = \frac{P_v \cdot A_e}{A_v} \quad (2)$$

3.3 Ersatzprofilbestimmung

Als Ersatzprofile eignen sich:

- geeignete kundenspezifische Profile (wochentagsgenaue Vergleichswerte unter Berücksichtigung der Feiertage aus einem ungestörten Zeitraum der betroffenen Zeitreihe)
- branchenspezifische Profile (anwendbar z. B. bei Großmarktketten: Markt A mit Markt B der gleichen Branche)
- VDEW-Profile (mit bekannter Skalierung)
- Arbeitsbänder (wenn kein deterministisches Verhalten im Lastverlauf erkennbar ist und kein Leistungswert als Ersatzwertparameter vorliegt)

Die Wahl des geeigneten Ersatzprofils für den Störungszeitraum unterliegt zunächst dem Ermessensspielraum und Geschick des Ersatz-

wertbildenden, denn der tatsächliche Verlauf während des Zeitreihenausfalls lässt sich nur annähernd bestimmen. Doch kann ein Ersatzprofil dann zur ermittelten Ersatzarbeit und Leistung passen, wenn der Quotient A_e/P_e zu dem des Ersatzprofils A_v/P_v ähnlich ist.

Daraus ergibt sich direkt die Vorgabe zur Suche nach dem geeigneten Ersatzprofil aus den genannten verfügbaren Ersatzprofilen.

Das Ersatzprofil, bei dem die Differenz aus $A_e/P_e - A_v/P_v$ am kleinsten ist, hat die größte Affinität zu den Ersatzwerten.

Die Auswahl und die Überprüfung eines geeigneten Ersatzprofils sollte durch die Anwendung statistischer Verfahren unterstützt werden. Als Lösungsansätze bieten sich die Möglichkeiten der modernen Zeitreihenanalyse in Form der Korrelations- oder Autokorrelationsfunktion an.

3.4 Skalierendes Ersatzverfahren

Da die Forderung nach leistungs- und arbeitstreuer Abbildung bei vorgegebenem Ersatzprofil in der Regel nicht eindeutig lösbar ist, wird das geeignete Ersatzprofil $A_v(t)$ mit einem in jedem Zeitpunkt t konstanten Arbeitsband $A_0(t) \in \mathfrak{R}$ unterlagert und mit einem Skalierungsfaktor Y erweitert:

$$A_e(t) = A_0(t) + Y A_v(t) \quad (3) \text{ (Bild 1)}$$

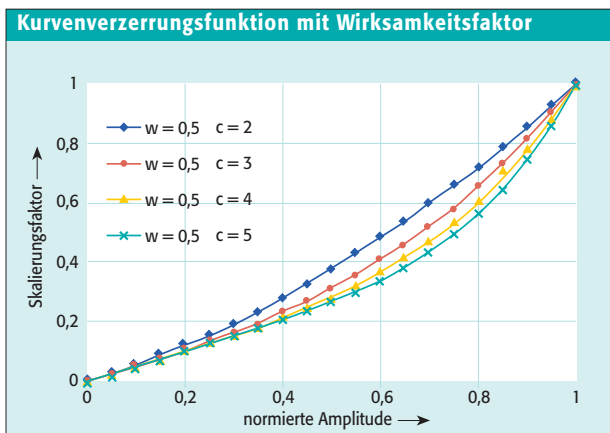


Bild 3: Dämpfung der Kurvenverzerrung durch den Wirksamkeitsfaktor $w = 0,5$

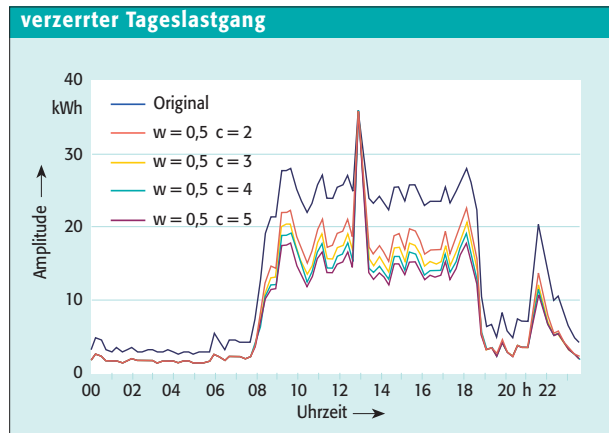


Bild 4: Verzerrung eines Lastgangs mit unterschiedlichen Verzerrungsexponenten

Ausgehend von dieser These kann man nun ein Gleichungssystem aufstellen, welches $A_0(t)$ und Y so bestimmt, dass sich alle oben angeführten Anforderungen an die Ersatzwertbildung lösen lassen. Damit ergibt sich für $A_0(t)$ und Y :

$$A_0(t) = \Delta t (P_{e,\max} - P_{v,\max}) \quad (4)$$

$$Y = \frac{A_e - \Delta t (P_{e,\max} - P_{v,\max})}{A_v} \quad (5)$$

Diese Ergebnisse werden schließlich zur Skalierung der Vergleichszeitreihe benutzt. Daraus ergibt sich die Ersatzzeitreihe $A_e(t)$. Im günstigsten Fall ist diese Ersatzzeitreihe direkt verwendbar. Es gibt jedoch Anwendungsgrenzen dieses Verfahrens in der bisher beschriebenen Rohform. Mathematisch durchaus korrekt aber nicht der Realität entsprechend ist, dass die so gebildeten Ersatzzeitreihen Nulldurchgänge haben und negative Werte erzeugen können. Deshalb ist das Verfahren in dieser Form nur für die Lösungen $A_e(t) \geq 0$ anwendbar.

Um das Verfahren auch für den Fall negativer Lösungen einsetzen zu können, wurde das Verfahren um einen weiteren Bearbeitungsschritt zur geeigneten Vergleichsprofilanpassung erweitert.

3.5 Verzerrerkurven

Anschaulich lässt sich das unter 3.4 beschriebene Verfahren so erklären, dass die Vorgabe von $P_{v,\max}$

das Maximum der Ersatzzeitreihe festlegt. Die Vorgabe von A_v kann dann nur dadurch erfüllt werden, dass die Gesamtfläche der Ersatzzeitreihe mit einer über der Zeit konstanten Skalierung durch ein unterlagertes Band angepasst wird.

Wenn die Zielzeitreihe $A_e(t) < 0$ wird, sind die vorgegebenen Parameter A_v und $P_{v,\max}$ für den Vergleichszeitraum so ungünstig, dass das überlagerte Band die sich ergebende Ersatzzeitreihe in den negativen Bereich verschiebt.

Der hier beschriebene Lösungsansatz streckt die Amplitude der Ersatzzeitreihe exponentiell, was eine Verzerrung des Ersatzprofils zur Folge hat. Diese Streckung (in y-Richtung) bedeutet eine stärkere Gewichtung in Richtung des Leistungsmaximums mit dem Ziel, die Fläche unter dem Leistungsmaximum zu verringern.

Für die einzelnen Arbeitswerte gilt mit dem Verzerrerexponent c :

$$\tilde{A}_v(t) = A_v(t) \left(\frac{A_v(t)}{A_{v,\max}} \right)^c \quad (6) \text{ (Bild 2)}$$

Nachteil dieses einfachen Kurvenverzerrers ist die übersensible Auswirkung der Exponentialfunktion. Die Kurvenverzerrung liefert bei großen Exponenten sehr schnell unrealistische Kurvenformen, weil kleinere Werte der Zeitreihe fast zu Nullwerten reduziert werden. Aus dieser Erkenntnis heraus wurde ein Wirksamkeitsfaktor w mit eingeführt, der die Kurven-

verzerrung für kleine Werte begrenzt.

Damit ergibt sich:

$$\tilde{A}_v(t) = A_v(t) \left((1-w) + w \left(\frac{A_v(t)}{A_{v,\max}} \right)^c \right) \quad (7)$$

c = Verzerrerexponent
 w = Wirksamkeitsfaktor

In der Praxis hat sich gezeigt, dass mit der Einstellung $w = 0,5$ fast alle Ersatzwertfälle mit einer realistischen Kurvenform lösen ließen (Bild 3).

Folgende Grafik (Bild 4) verdeutlicht anschaulich die Wirkung der Verzerrerkurve auf einen Tageslastgang. Deutlich ist zu sehen, wie die Kurve bei steigendem Verzerrerfaktor in ihrer mittleren Höhe zunehmend gestaucht wird, ohne den für einen Lastgang charakteristischen Maximalwert zu beeinflussen.

Für die Anwendung der Kurvenformverzerrung muss daher der Grundsatz gelten, so wenig Verzerrung wie möglich einzusetzen, um eine qualitativ hochwertige Ersatzzeitreihe zu erhalten.

Daraus ergibt sich die Forderung, zunächst das Basisverfahren einzusetzen und erst wenn sich unzulässige Lösungen in Form von Nulldurchgängen ergeben, eine moderate Kurvenverzerrung anzuwenden.

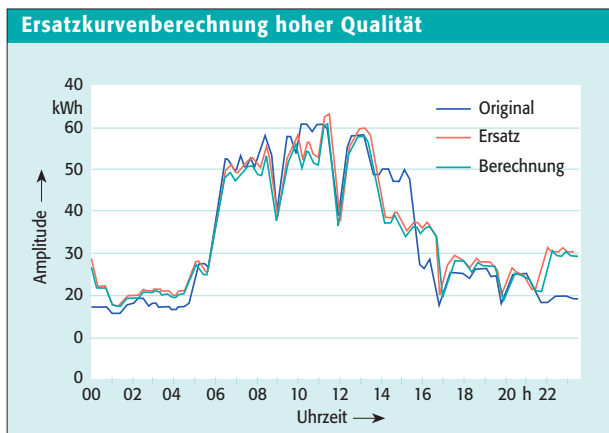


Bild 5: Ersatzlastgang mit hoher Qualität

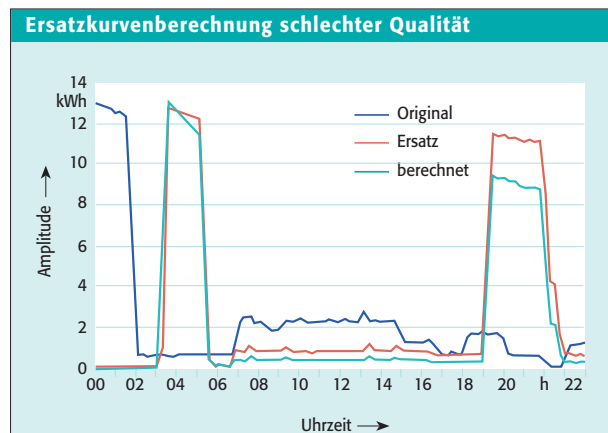


Bild 6: Ersatzlastgang mit schlechter Qualität

4 Praxistest

4.1 Qualitätsaussage

Das vorgestellte Verfahren wurde auf intakte Zeitreihen untersucht. Zu diesem Zweck wurden aus einer Menge von 88.000 Wirkzeitreihen 40 Zeitreihen zufällig ausgewählt und jeweils ein kompletter Tag als »fiktiver« Ersatzwert auf Basis einer Vorwochenzeitreihe des gleichen Wochentages erstellt. Auf dieser Grundlage war ein direkter Vergleich von Original- und Ersatzzeitreihe mittels statistischer Verfahren möglich.

4.1.1 Allgemeine Bewertung

Die Qualität der jeweiligen Ersatzzeitreihe lässt sich mittels der Korrelationsanalyse bewerten. Dabei wird die Ersatzzeitreihe mit der kompletten Originalzeitreihe verglichen. Der sich dabei ergebende Korrelationskoeffizient kann als Qualitätsmaß für die Ersatzzeitreihe interpretiert werden.

Die zwei folgenden Diagramme zeigen zwei qualitativ sehr unterschiedlich »gelungene« Ersatzprofilbestimmungen.

Bild 5 verdeutlicht, dass trotz einer bezüglich Arbeit und Leistung völlig andersartig beschaffenen Vergleichskurve, das berechnete Ersatzprofil schon rein optisch sehr gut die Originalkurve überdeckt. Die Korrelationsanalyse (siehe 4.1.2) ergibt eine Übereinstimmung von 91 %.

Bild 6 zeigt ein für dieses Verfahren schlechtes Ergebnis. Die Ersatzkurve zeigt schon rein optisch keine gute Übereinstimmung mit der Originalkurve. Dieses Beispiel kommt daher nur auf einen Korrelationskoeffizienten von -25 %.

4.1.2 Statistische Bewertung

Für die Bewertung der Qualität des Verfahrens wird die Berechnung eines Mittelwertes aller ermittelten Korrelationskoeffizienten der Stichprobe von 40 (aus insgesamt 88.000) Lastgängen durchgeführt. Über diesen kann man wiederum verallgemeinernd auf den Mittelwert der Grundgesamtheit schließen (»Inklusionsschluss«). Hierbei kann der Mittelwert nicht als Absolutwert angegeben werden, sondern nur in Form eines Vertrauensbereiches (er wird also lediglich geschätzt).

Für eine erste Beurteilung der 40 Probanden wurden deren Korrelationskoeffizienten mit ihren jeweiligen absoluten Häufigkeiten als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Die Korrelationskoeffizienten wurden dabei 5 äquidistanten Intervallen zwischen 0 und 1 zugeordnet. Das folgende Bild 7 zeigt den sich dabei ergebenden Graphen, der eine starke Häufung der Korrelationskoeffizienten zwischen 0,8 und 1 aufweist (rd. 67 %).

Die statistische Auswertung der Stichprobe von 40 aus 88.000 Lastgängen lieferte bei einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95,5 %

für den arithmetischen Mittelwert des Korrelationskoeffizienten Werte zwischen 0,65 und 0,85. Somit ist eine eindeutige Korrelation zwischen Original- und Ersatzlastgängen festzustellen.

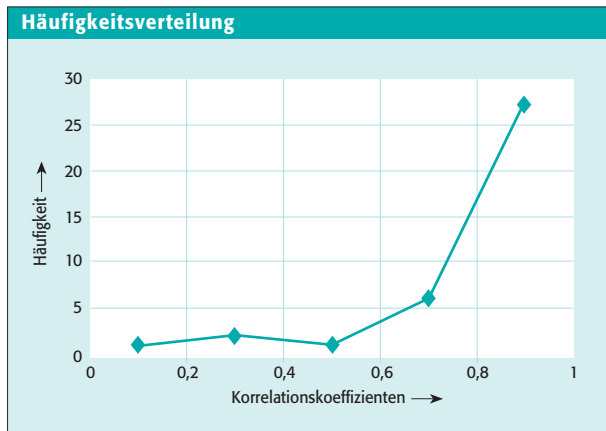
4.2 Praxisaussage

Das hier beschriebene Verfahren zur Ersatzwertbildung wurde bei der RWE Netzservice GmbH entwickelt und bei der Bildung von einigen tausend Ersatzwertfällen eingesetzt.

Das produktive Verfahren wurde bereits gegenüber dem hier beschriebenen Basisverfahren weiterentwickelt. So ist es z. B. bezüglich der Bestimmung des Vergleichslastganges im Vorfeld der eigentlichen Anwendung des Verfahrens möglich, einen Mittelwert (ein Maximum oder ein Minimum) mehrerer vorausgegangener Lastgänge zu bilden. Damit kann der Einfluss von Extremwerten (»Ausreißern«) auf das Ersatzprofil begrenzt werden.

Des Weiteren werden auch tariferte Lastgänge berücksichtigt, wobei das skalierende Ersatzwertverfahren pro Tarif separat anwendbar ist.

Der im vorhergehenden Kapitel ermittelte Vertrauensbereich dürfte in der Realität, unter Berücksichtigung der Weiterentwicklung des Verfahrens und aufgrund der Tatsache, dass Vergleichszeitreihen manuell unter Beachtung vieler, mathematisch nicht greifbarer Aspekte



te ausgewählt wurden, noch höher liegen.

Mit diesem Verfahren können die hohen Anforderungen des liberalisierten Energiemarktes bezüglich der Qualität der bereitgestellten Lastgangdaten gesichert werden

und den für in der Ersatzwertbildung tätigen Mitarbeitern wirkungsvolle Instrumente zur Bewältigung ihrer unter hohem Termindruck durchzuführenden Aufgaben zur Verfügung gestellt werden.

Bild 7: Häufigkeitsverteilung der Korrelationskoeffizienten einer Stichprobe von 40 Probanden

5 Schrifttum

- [1] *Sachs, L.*: Angewandte Statistik; Springer Verlag; 7. Auflage; 1992
- [2] Metering Code 2004, Verband der Netzbetreiber (VDN) e. V. beim CDEW
- [3] *Bronstein, I. N.; Semendjajew, K.A.; Musiol, G.; Mühling, H.*: Taschenbuch der Mathematik; Verlag Harri Deutsch; 5. überarbeitete und erweiterte Auflage; 2001
- [4] *Schambacher, K.*: Statistik im Betrieb; Gabler; 13. aktualisierte Auflage; 2002
- [5] *Schönwiese, C., D.*: Praktische Statistik; Gebrüder Borntraeger; 2. Auflage

winfried.englaender@rwe.com

www.rwe.com