

Identifikation von Videoinhalten über granulare Stromverbrauchsdaten*

Ulrich Greveler, Benjamin Justus, Dennis Lühr

Labor für IT-Sicherheit
Fachhochschule Münster
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
{greveler|benjamin.justus|loehr}@fh-muenster.de

Abstract: Sekundenscharfe Ableser-Intervalle bei elektronischen Stromzählern stellen einen erheblichen Eingriff in die Privatsphäre der Stromkunden dar. Das datenschutzrechtliche Gebot der Datensparsamkeit und Datenvermeidung steht einer feingranularen Messhäufigkeit und der vollständigen Speicherung der Stromverbrauchsdaten entgegen.

Wir können experimentell nachweisen, dass neben der Erkennung von im Haushalt befindlichen Geräten eine Erkennung des Fernsehprogramms und eine Identifikation des abgespielten Videoinhalts möglich ist.

Alle Mess- und Testergebnisse wurden zwischen August und November 2011 mithilfe eines geeichten und operativen Smart Meters, der alle zwei Sekunden Messwerte aufzeichnet, gewonnen. Die übertragenen Daten dieses Gerätes waren unverschlüsselt und nicht signiert.

Keywords. Smart Meter, Data Privacy, Audiovisual Content, Smart Grid

1 Einführung

Bundesweit und auch im europäischen Rahmen ist die Einführung von intelligenten Strommessgeräten (Smart Metern) geplant, die vorhandene Stromzähler ersetzen sollen. Stromkunden können mithilfe dieser Geräte detaillierte Informationen über den Stromverbrauch erhalten und sind in der Lage, Stromverbraucher zu identifizieren, Ursachen für hohen Verbrauch zu bestimmen und damit Abhilfe zu schaffen, d. h. insbesondere Stromverbrauchskosten zu senken (Förderung des bewussten Energieverbrauchs).

Für Stromverkäufer und Netzbetreiber sind granulare Verbrauchsdaten ebenfalls von Interesse, da diese zu Planungszwecken, Ausführung von Netzoptimierungen, Vorhersage von Lastspitzen und informierte Beratungen der Kunden herangezogen werden können. Die Energieeffizienz- und Energiedienstleistungsrichtlinie (2006/32/EG) sieht individuel-

*Dieser Beitrag stellt wesentliche Ergebnisse in aktualisierter Form dar, die in einer englischsprachigen Publikation [GJL12] der Autoren veröffentlicht wurden.

le Zähler, die den tatsächlichen Verbrauch und die tatsächliche Nutzungszeit feststellen [Ren11], vor. Mittelfristig ist daher damit zu rechnen, dass sich Smart Meter gegenüber bisherigen Stromzählern bei Neuverlegungen und dem Austausch alter Zähler durchsetzen.

Aufgrund der Aufzeichnung personenbezogener Verbrauchsdaten durch Smart Meter ergeben sich Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit. Abhängig von der Genauigkeit der Messung und der zeitlichen Auflösung können nach Auswertung der erhobenen Daten Rückschlüsse auf die Verhaltensweisen der sich im Haushalt aufhaltenden Menschen gezogen werden; die Granularität heute eingesetzter Geräte sieht Messpunkte im Abstand von einer Stunde, viertelstündlich, minutlich bis hin in den Sekundenbereich vor.

2 Verwandte Arbeiten

Wie von Molina-Markham et al. [AMSF⁺10] beschrieben wurde, können Daten, die ca. viertelstündlich erhoben werden, in einer Weise ausgewertet werden, dass feststellbar ist, wann sich Personen zuhause aufhalten, wann sie dort schlafen und wann sie Mahlzeiten zubereiten. Erhöht man die Granularität in den Minuten- oder Sekundenbereich, sind auch Aussagen möglich, ob das Frühstück warm oder kalt zubereitet wurde, wann Wäsche gewaschen oder der Fernseher eingeschaltet wurde - oder ob die Kinder alleine zu Hause waren.

Bereits vor dem Aufkommen der Smart Meter wurden Forschungsarbeiten zu „non-intrusive load monitoring“ (NILM) bekannt. NILM-Methoden [LFL07, Pru02] erlauben die Identifikation einer Vielzahl von Geräten anhand charakteristischer Lastkurven, wodurch die Aktivitäten der im Haushalt befindlichen Personen nachvollziehbar werden [Qui09].

Hinweise auf Datenschutzaspekte in Bezug auf die Einführung von Smart Metern sind Teil der öffentlichen Diskussion um den Nutzen und die Risiken der Technologie. [Bö11, AMSF⁺10, Ren11] Es wurden zudem Gegenmaßnahmen, die den Datenschutz bei der Einführung von Smart Metern stärken sollen, vorgeschlagen: Schlüssel hinterlegung zur anonymen Authentikation [EK10], Reduktion verräterischer Lastkurven durch Einsatz von Stromspeichern [EKD⁺10, KDLC11] oder auch anonyme Rechnungsstellung unter Nutzung eines Zero-Knowledge-Protokolls [AG10]. Die Messung elektromagnetischer Interferenz mit hoher Abstrakte zur Identifikation des Fernsehbildes wurde zeitgleich und unabhängig zu den von den Autoren durchgeführten Experimenten mit Stromzählern von Enev et al. [EGKP11] betrachtet; hierbei gelingt eine Identifikation mithilfe neuronaler Netze. Erste Ergebnisse der experimentellen Arbeiten wurden zudem über die Presse verbreitet [Bö11].

3 Experimentelle Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Fragestellung: Welche Auswertungsmöglichkeiten stehen in der Praxis zur Verfügung und welche Qualität haben die von tatsächlich im Feld befindlichen geeichten Smart Metern erhobenen Daten? Welche Rückschlüsse auf personenbezogenes Verhalten können erfolgreich gewonnen werden?

3.1 Hardware

Getesteter Smart Meter: Das Gerät wurde von der Firma Discovery GmbH (Heidelberg) nach Abschluss eines Privatkundenvertrags¹ durch einen von der Firma beauftragten Elektromeister im August 2011 eingebaut. Das geeichte und verplombte Gerät ersetzte den bisherigen von der RWE AG verbauten Stromzähler eines privaten Haushaltes in NRW. Der Strombezug erfolgt vor und nach dem Einbau des Smart Meters über den Versorgungstarif *RWE Klassik Strom*.

Die Discovery-Lösung verwendet als Modul einen Smart Meter² der Firma EasyMeter GmbH, Bielefeld (Elektronischer 3-Phasen 4-Leiter Zähler Q3D, Messung im zwei-Sekunden-Intervall) und eine selbst entwickelte Lösung zur Datenentnahme und Weiterleitung über das Internet an einen Server von Discovery, der dem Stromkunden einen webbasierten Zugriff auf die erhobenen Stromverbrauchsdaten liefert. In der experimentellen Untersuchung werten wir allein die Daten aus, die an Discovery übermittelt und gespeichert werden. Alle Mess- und Testergebnisse wurden zwischen August und November 2011 gewonnen.

4 Übertragung der Verbrauchsdaten

Die Übermittlung der Daten vom Smart Meter zum Discovery-Server erfolgt über TCP/IP. Das Gerät wird direkt mit dem heimischen LAN/DSL-Router verbunden und erhält von diesem über DHCP seine IP-Adresse. Entgegen den vertraglichen Angaben erfolgt die Übertragung jedoch nicht verschlüsselt. Die Daten werden in einem textbasierten Format übertragen, so dass sie ohne weitere Decodierung abgelesen werden können. In Abb. 1 ist eine solche Übertragung, die acht Messwerte gemeinsam übermittelt, dargestellt.

¹Der Vertrag enthielt umfangreiche Bestimmungen zum Datenschutz: „Die Discovery GmbH speichert die personenbezogenen Daten ausschließlich zur Abwicklung der oben aufgeführten Zwecke und gibt diese nicht an Dritte weiter, es sei denn, dieses ist zur Abwicklung des Vertrages erforderlich. Derzeit werden Daten an Dritte weitergegeben zur Erstellung der Abrechnung, im Bereich des Zähl- und Messwesens sowie zur Datenaufbereitung in elektronischer Form. [...] Die Übertragung der Daten im Internet erfolgt verschlüsselt.“ Der Abruf der Daten über die Webschnittstelle war zum Testzeitpunkt nur unverschlüsselt möglich, da TLS nicht unterstützt wurde. Die automatisierte Übertragung vom Smart Meter zum Server erfolgte im Widerspruch zum Vertragstext ebenfalls unverschlüsselt.

²Übermittelte Messwerte gemäß Herstellerangaben: Zählwerksstand (15-stellig in kWh), drei Phasenleistungen (7,5-stellig in W), Summenleistung (7,5-stellig in W), Protokoll nach EN62056-21 und EN62056-61.

```

POST /api/w.html HTTP/1.1
Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
Host:85.214.93.99
Content-Length:851

version=0.9&identity=[REDACTED]&msg=228601&values=[
{"meterdata":"00000285.9823514*kWh","tickdelta":"00000285.9822239*kWh","seconds":"399511319.61"},
{"meterdata":"00000285.9824793*kWh","tickdelta":"00000285.9823514*kWh","seconds":"399511321.61"},
{"meterdata":"00000285.9826075*kWh","tickdelta":"00000285.9824793*kWh","seconds":"399511323.61"},
{"meterdata":"00000285.9827358*kWh","tickdelta":"00000285.9826075*kWh","seconds":"399511325.62"},
{"meterdata":"00000285.9828636*kWh","tickdelta":"00000285.9827358*kWh","seconds":"399511327.62"},
{"meterdata":"00000285.9829915*kWh","tickdelta":"00000285.9828636*kWh","seconds":"399511329.62"},
{"meterdata":"00000285.9831196*kWh","tickdelta":"00000285.9829915*kWh","seconds":"399511331.62"},
{"meterdata":"00000285.9832476*kWh","tickdelta":"00000285.9831196*kWh","seconds":"399511333.62"}]
&now=399511335.65

```

Abbildung 1: Kommunikation Zwischen Smart Meter und Server

Es ist zudem unmittelbar zu erkennen, dass die Daten nicht signiert werden. Durch Kenntnis der „identity“ (in der Abb. 1 geschwärzt) könnten Daten für beliebige andere Zähler an den Server übertragen werden, was zwischenzeitlich demonstriert wurde [BCC11]. Der Smart Meter verfügt jedoch über eine digitale Anzeige des Stromverbrauchs, so dass Daten, die am Zähler abgelesen werden, von einer Verfälschung nicht betroffen sind.

4.1 Auflösung der dem Stromkunden präsentierten Daten

Discovery stellt einen Web-basierten Zugang zur Visualisierung der Stromverbrauchsdaten zur Verfügung. Eine typische Darstellung eines Stromverbrauchsprofils kann Abb. 2 entnommen werden (Stand: Nov. 2011).

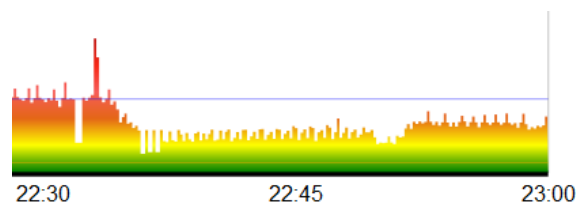


Abbildung 2: Verbrauchsprofil visualisiert vom Anbieter

Eine Analyse des Javascript-Sourcecodes zeigte, dass die Kunden nicht die volle Auflösung ihrer gespeicherten Stromverbrauchsdaten einsehen können (Messungen erfolgen mit Frequenz $0.5s^{-1}$). Die Daten werden konsolidiert, indem einzelne Messwerte ausgelassen werden. Diese Konsolidierung war zum Testzeitpunkt fehlerhaft, weswegen einzelne dargestellte Messwerte nicht mit abgerufenen Daten übereinstimmten. Durch Entwicklung eines eigenen Tools zum Abrufen und zur Darstellung erhielten wir die volle Auflösung und korrekte Daten: Abb. 3 zeigt ein kleines Intervall in voller Auflösung, welches in Abb. 2 (im Teilzeitraum 22.35h-22.50h) enthalten ist.

4.2 Identifikation von Geräten

Wir konnten die in der Literatur getroffenen Aussagen [Har92, AMSF⁺10, Mü10] bestätigen, dass viele Geräte über ein charakteristisches Stromprofil erkennbar sind. Insbesondere konnten wir mithilfe der feingranularen Daten identifizieren: Kühlschrank, Wasserkocher, Durchlauferhitzer, Glühbirne, Energiesparlampe, Kaffee-Padmaschine, Herd, Mikrowelle, Ofen, Waschmaschine, Geschirrspüler und TV-Gerät.

5 TV/Film-Detektion

5.1 TV-Gerätetechnik

Durch Auswertung des Stromverbrauchs eines im getesteten Privathaushalt vorhandenen TV-Gerätes (Panasonic Viera LCD-TV, HD, 80cm Diag., 130W) konnte nicht nur die bereits in der Literatur genannte Einschaltzeit [Qui09] identifiziert werden. Es war darüber hinaus möglich, das eingeschaltete Programm bzw. den abgespielten Film zu identifizieren, obwohl der eingesetzte Smart Meter den Strom für den gesamten Vier-Personenhaushalt misst - also nicht direkt mit dem TV-Gerät verbunden wurde - und die Daten über den Discovery-Server abgefragt wurden, d. h. dort in dieser Auflösung zentral gespeichert vorliegen.

5.2 Vorhersage des Stromverbrauchs anhand von Filmdaten

Kernelement unseres Softwaretools zur Identifikation von Inhalten ist eine Funktion, die den zu erwartenden Stromverbrauch berechnet. Input der Funktion sind Bilddaten, Output ist der Stromverbrauch wie er vom Smart Meter gemessen wird.

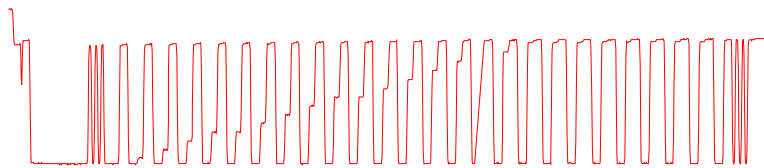


Abbildung 3: Bestimmung der minimalen Bildhelligkeit, die zum maximalen Stromverbrauch führt

Ein erster Schritt ist die Messung des Stromverbrauchs für eine Folge von Grautönen als Teil der Folge *schwarz-(RGB-2-2-2)-weiß-schwarz-(RGB-4-4-4)-weiß-schwarz-(RGB-6-6-6)*... , die es erlaubt den minimalen Helligkeitswert zu bestimmen, der den Stromverbrauch maximiert. Dies geschieht nicht selten bereits bei recht dunklen Bildern (z. B. RGB 32-32-32 für o. g. LCD TV) und ist abhängig vom Fernseher, Zeitpunkt (der Wert ist nicht über Stunden konstant) und den Benutzereinstellungen. Abb. 3 zeigt die anstei-

gende Stromkurve (zwischen *schwarz* und *weiß*) für obige Bildersequenz. Man kann von Hand abzählen, dass bei ab RGB-38-38-38 der Stromverbrauch maximal ist. Diesen Wert (minimale Helligkeit für maximalen Stromverbrauch) bezeichnen wir mit b_{min} .

Wir konnten anhand des Messergebnisses eine lineare Abhängigkeit annehmen und prognostizieren den Stromverbrauch für ein 2-Sekunden-Intervall durch den Mittelwert aus der doppelten Anzahl Frames, die in einer Sekunde dargestellt werden (meist sind es 25 fps bei Filmproduktionen).

$$m_i := \begin{cases} 1 & \text{falls } b_i > b_{min} \\ \frac{b_i}{b_{min}} & \text{sonst} \end{cases}$$

$$pp_k := \frac{1}{n} \sum_{i=nk}^{n(k+1)-1} m_i$$

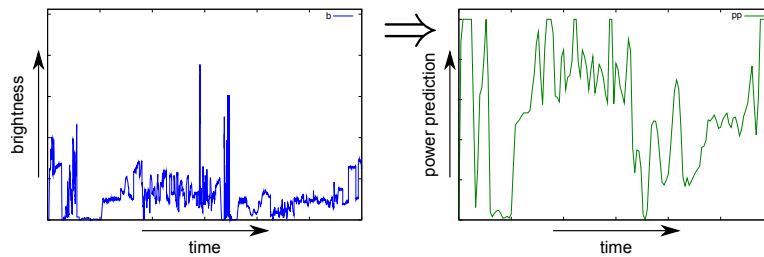


Abbildung 4: Stromverbrauch wird anhand von gemittelten Helligkeiten prognostiziert

Wir erhalten damit eine Folge von prognostizierten normalisierten Messwerten für 2s ($k = 1$), 4s ($k = 2$), 6s ($k = 3$), etc., die wir mit dem tatsächlichen Stromverbrauch korrelieren können, um den Inhalt zu identifizieren. Abb. 5 zeigt Ergebnisse dieser Vorgehensweise für drei Filmausschnitte à fünf Minuten. Grün sind vorhergesagte Messwerte, rot sind die Werte vom Smart Meter: Die Korrelationen nach Pearson betragen 0.94, 0.98 und 0.93.

5.3 Korridor-Algorithmus

Nachdem sich experimentell gezeigt hatte, dass hohe Korrelationen auch dann auftreten können, wenn die im Stromverbrauchsprofil gesuchte 5-minütige Filmsequenz einem Einschalt- oder Ausschaltvorgang eines beliebigen Gerätes ähnelt (z. B. lange helle Szene folgt auf eine lange dunkle Szene: korreliert stark mit dem Einschalten eines konstanten Verbrauchers, z. B. einer Lampe), haben wir einen Korridor-Algorithmus entworfen, der diese *False Positives* eliminiert. Bevor eine Fundstelle identifiziert wird (ab einer Korrelation von 0.85 gehen wir von einem Treffer aus), werden die Messwerte, die in zwei optimal gewählten Korridoren mit jeweils 5% Höhe liegen, gezählt. Überschreiten diese einen Schwellenwert von 50% aller Werte, wird der Treffer eliminiert. Abb. 6 zeigt einen typischen Anwendungsfall, der zur Elimination des Treffers führt.

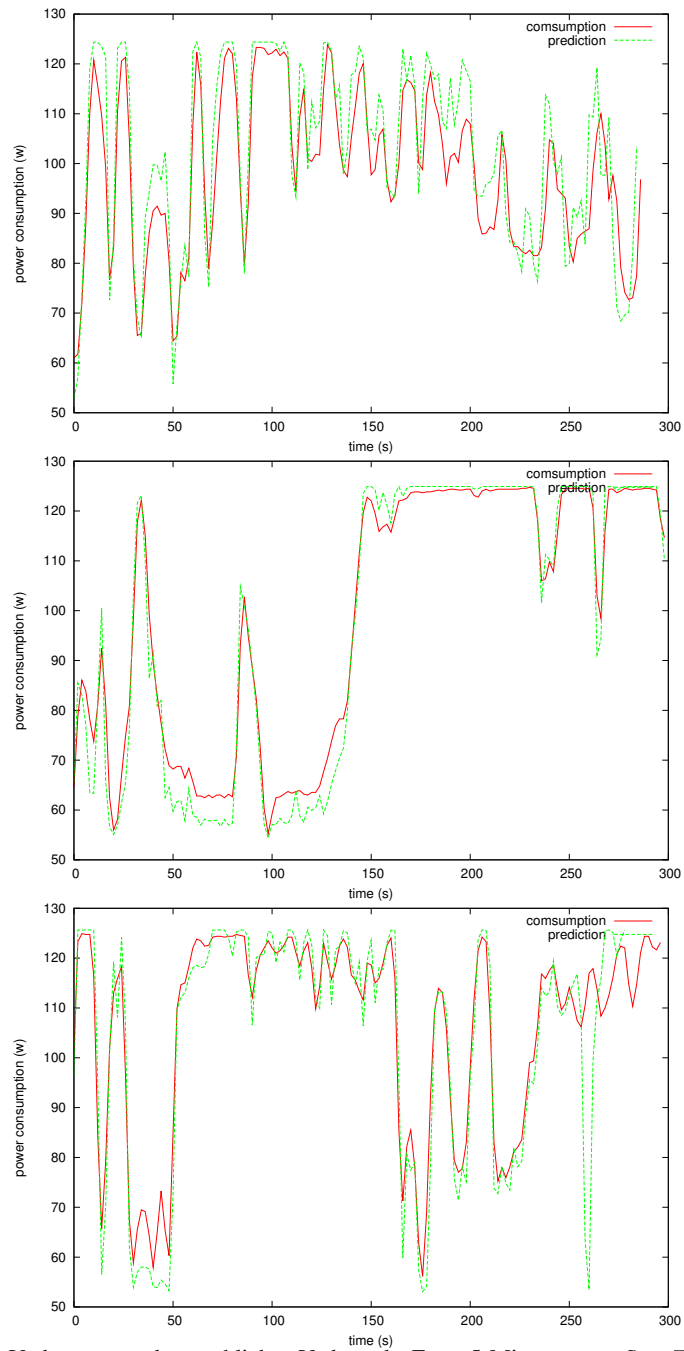


Abbildung 5: Vorhersage und tatsächlicher Verbrauch: Erste 5 Minuten von *Star Trek 11* (oben); *Episode 1-1, Star Trek TNG*; *Body of Lies* (unten)

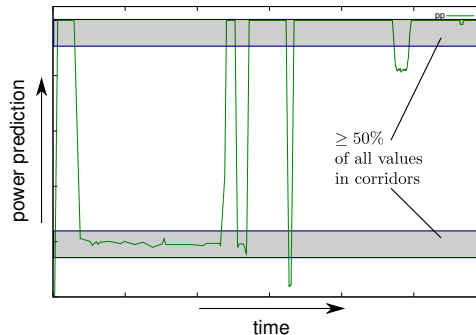


Abbildung 6: Korridor-Algorithmus eliminiert *False Positives*

5.4 Work-flow

Mithilfe der zuvor genannten Algorithmen konnten wir den Proof-of-Concept einer forensischen Software realisieren, der automatisch nach Videoinhalten in den Stromverbrauchsdaten sucht. Wir stellten dazu eine Filmdatenbasis zusammen, die aus den 5-Minuten-Abschnitten von 653 Filmen bzw. Fernsehproduktionen besteht. Der Ablauf des Suchvorgangs ist in Abb. 7 dargestellt: Jeder zu suchende Film wird in 5-Minuten-Abschnitte unterteilt und es wird die Helligkeit und daraus der erwartete Stromverbrauch jedes Frames bestimmt. Der Abschnitt wird dann fortlaufend über die gesamten Stromverbrauchsdaten korreliert (*sliding window*). Ab einem Wert von 0.85 wird der Treffer, sofern er nicht die Korridorbedingung (Ausschlusskriterium) erfüllt, ausgegeben.

Ergebnis: Bei dieser Vorgehensweise wird fast die Hälfte der gespielten Videosequenzen anhand des Stromverbrauchs identifiziert. Da ein Film (i.d.R. mind. 90 Minuten) über 18 oder mehr Abschnitte verfügt, ist selbst bei Störungen durch andere Verbraucher (z. B. Einschalten eines starken „rauschenden“ Gerätes³ während der Abspielzeit), eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegeben, mehrere nicht wesentlich beeinträchtigte Abschnitte zu identifizieren. Über einen Zeitraum von 24h werden jedoch (bei unserer Datenbasis von 653 Videoinhalten) auch ca. 35 falsche Identifizierungen von 5-Minuten-Abschnitten vorgenommen. Zählt man jedoch nur solche Treffer, bei denen zwei korrespondierende Abschnitte desselben Inhaltes gefunden werden (wie im Beispiel von Abb. 7), wurden sämtliche *False Positives* eliminiert. Im Testhaushalt konnten Spielfilminhalte trotz gleichzeitig aktiver elektrischer Geräte in allen Fällen anhand mehrerer Abschnitte identifiziert werden⁴. Aufgezeichnete Fernsehproduktionen, die ein hohes durchgehendes Helligkeitsniveau aufweisen (bspw. Talkshows), können mit LCD-Geräten oft nicht identifiziert werden, da der gerätespezifische Wert b_{min} zu niedrig ist.

³Verbraucher, die eine konstante Last erzeugen (z.B. Lampen, Standby-Geräte, Hifi), wirken sich auf die Korrelation nicht störend aus, da diese nur eine Intervallskalierung voraussetzt.

⁴Hier ist aber zu bemerken, dass Filme im getesteten Haushalt abends konsumiert wurden und zur gleichen Zeit kein Herd, Fön oder baugleicher Fernseher benutzt wurde.

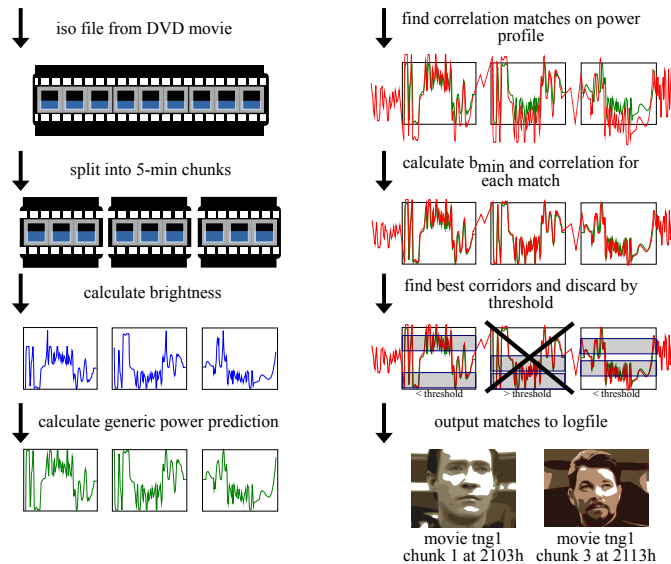


Abbildung 7: Workflow zur Identifikation einer abgespielten DVD

5.5 Weitere TV-Gerätmodelle

Die Experimente aus den vorangegangenen Abschnitten wurden mit dem im Testhaushalt befindlichen LCD-TV⁵ durchgeführt, das über eine dynamische Hintergrundbeleuchtung verfügt. Um abzuschätzen, inwieweit andere TV-Modelle ähnliche Rückschlüsse erlauben bzw. „datenschutzfreundliche“ Stromverbrauchsprofile generieren, haben wir die Tests mit einem weiteren (nicht operativen) Smart Meter desselben Typs für weitere Geräte im Labor durchgeführt. In Tab. 1 werden Testergebnisse für unterschiedlichen Videoinhalt aufgeführt. Bei zwei der getesteten Geräte (Hersteller *Sony* und *LG*) ist die Watt-Differenz zwischen einem hellen und dunklen Bild zu gering, um Film-Inhalte zu identifizieren (Korrelation < 0.85).

6 Diskussion

Kurze Ableserintervalle bei elektronischen Stromzählern stellen einen erheblichen Eingriff in die Privatsphäre der Stromkunden dar. Das datenschutzrechtliche Gebot der Datensparsamkeit und Datenvermeidung steht einer Messhäufigkeit im Sekundenbereich und der vollständigen Speicherung des Stromverbrauchs entgegen. Eine regelmäßige oder durch Fernabfrage ermöglichte Übermittlung dieser Daten an Energieversorger oder Netzbetreiber sollte nicht nur einer ausdrücklichen Zustimmung aller im Haushalt lebenden Personen unterliegen, die Betroffenen sind auch darüber aufzuklären, welche Auswertungsmöglich-

⁵Panasonic Modellnummer TX-L37S10E

Tabelle 1: Getestete TV-Geräte

Hersteller	Modellnr. Technik	$watt_{\min}$	$watt_{\text{diff}}$	Korr. $M1^a$	Korr. $M2^b$	Korr. $M3^c$	TV-Serie ^d
Panasonic	TX-L37-S10E LCD	~ 45	~ 70.0	0.9599	0.9283	0.9487	< 0.85
LG	47LH4000 LCD	~ 65	~ 1.5	0.9458	< 0.85	< 0.85	< 0.85
Orion	TV32FX-100D LCD	~ 100	~ 3.0	0.8958	0.9402	0.9326	0.8989
Panasonic	TX-P50S-20E Plasma	~ 45	~ 160.0	0.8722	0.9510	0.8871	0.8933
Sony	KDL46EX-505 LCD	~ 170	–	< 0.85	< 0.85	< 0.85	< 0.85
Telefunken	Cinevision 32 CR tube	~ 60	~ 50.0	0.8833	0.9454	< 0.85	0.9283

^aFanboys (2008). Regie: Kyle Newman. Erschien: 6. Februar, 2009

^bDeath Race (2008). Regie: Paul W.S. Anderson. Erschien: 22. November, 2008

^c2012 (2009). Regie: Roland Emmerich. Erschien: 11. November, 2009

^dJAG Pilotfolge. Regie: D. P. Bellisario. Erstausstrahlung: 23. September, 1995

keiten sich bei hoher Granularität der Messdaten ergeben.

Die experimentell festgestellte Tatsache, dass die Daten beim getesteten Anbieter unverschlüsselt und nicht signiert übertragen werden, stellt einen Verstoß gegen Grundsätze von Datenschutz und Datensicherheit dar. Diese Tatsache wiegt umso schwerer, da beim getesteten Anbieter vertraglich zugesichert wurde, dass die Übertragung verschlüsselt erfolgt⁶.

Die prinzipiell vorhandene Möglichkeit, audiovisuelle Inhalte bzw. das eingestellte Fernsehprogramm zu identifizieren, führt zu einer neuen Qualität des Eingriffs in die private Lebensgestaltung. Die in diesem Beitrag durchgeführten Tests lassen aufgrund der überschaubaren Testdatenbasis (653 Videoinhalte) zwar keine Rückschlüsse zu, inwieweit eine forensische Auswertung der Stromverbrauchsdaten tatsächlich einen ausreichenden Beweiswert (bspw. zum Nachweis von Verstößen gegen das Urheberrecht) hätte; die Relevanz in Bezug auf die Schutzwürdigkeit der granularen Stromverbrauchsdaten ist aber bereits dadurch gegeben, dass unter günstigen Umständen eine Identifikation möglich ist.

Literatur

[AG10] A.Rial und G.Danezis. *Privacy-Preserving Smart Metering*, Technical Report MSR-TR-2010-150. Microsoft Research, 2010.

[AMSF⁺10] A.Molina-Markham, P. Shenoy, K. Fu, E. Cecchet und D. Irwin. Private Memoirs of a Smart Meter. In *2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-*

⁶Der Anbieter hat die Sicherheitslücke zwischenzeitlich bestätigt und Abhilfe in naher Zukunft angekündigt.

Efficiency in Buildings (BuildSys 2010), Zurich, Switzerland, November 2010.

- [BCC11] D. Bachfeld, D. Carluccio und C. Wegener. Wer hat an der Uhr gedreht? Sicherheit bei intelligenten Stromzählern. In *c't-Magazin (Heise Verlag)*, 23/2011, 2011.
- [Bö11] M. Bö. Was moderne Stromzähler verraten könnten (Spiegel online). <http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/0,1518,787629,00.html>, September 2011.
- [EGKP11] Enev, Gupta, Kohno und Patel. Televisions, Video Privacy, and Powerline Electromagnetic Interference. In *Proceedings of the 18th ACM conference on Computer and communications security (Oct. 2011)*. ACM, 2011.
- [EK10] C. Efthymiou und G. Kalogridis. Smart Grid Privacy via anonymization of smart metering data. In *First IEEE International Conference on Smart Grid Communications, SmartGridComm10*, 2010.
- [EKD⁺10] C. Efthymiou, G. Kalogridis, S.Z. Denic, T.A. Lewis und R. Cepeda. Privacy for Smart Meters, Towards Undetectable Appliance Load Signatures. In *First IEEE International Conference on Smart Grid Communications, SmartGridComm10*, 2010.
- [GJL12] U. Greveler, B. Justus und D. Loehr. Multimedia Content Identification Through Smart Meter Power Usage Profiles. In *5th International Conference on Computers, Privacy and Data Protection, Brussels*. Springer, 2012.
- [Har92] G.W. Hart. Nonintrusive appliance load monitoring. *Proceedings of the IEEE*, 80(12):1870–1891, 1992.
- [KDLC11] G. Kalogridis, S. Denic, T. Lewis und R. Cepeda. Privacy protection system and metrics for hiding electrical events. *IJSN*, 6(1):14–27, 2011.
- [LFL07] H. Lam, G. Fung und W. Lee. A Novel Method to Construct a Taxonomy of Electrical Appliances Based on Load Signatures. In *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2007.
- [Mü10] K. Müller. Gewinnung von Verhaltensprofilen am intelligenten Stromzähler. *Datenschutz und Datensicherheit - DuD*, 34:359–364, 2010. 10.1007/s11623-010-0107-2.
- [Pru02] A. Prudenzi. A Neuron Nets based procedure for identifying domestic appliances pattern-of-use from energy recording at meter panel. In *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, 2002.
- [Qui09] E.L. Quinn. *Privacy and New Energy Infrastructure*. Available: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1370731, 2009.
- [Ren11] S. Renner. *Smart Metering und Datenschutz in Österreich*, Datenschutz und Datensicherheit - DuD 2011.