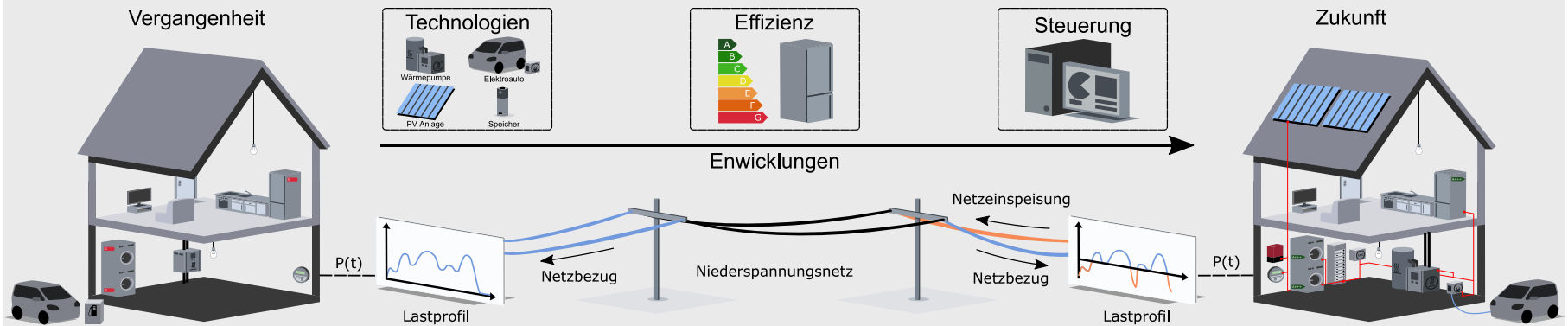




Empirische und Synthetische Lastprognose von nutzerabhängigen Verbrauchsgeräten

Christian Reinhold, Farina Wille, 16.02.2018

15. Symposium Energieinnovation 2018, Graz

Gliederung

- Motivation
- Datenauswertung von personenbezogenen Informationen
- Deskriptive Kenngrößen
- Personenbezogene Profilerstellung
- Energetische Modellierung von nutzerabhängigen Betriebsmitteln
- Simulationsszenarien

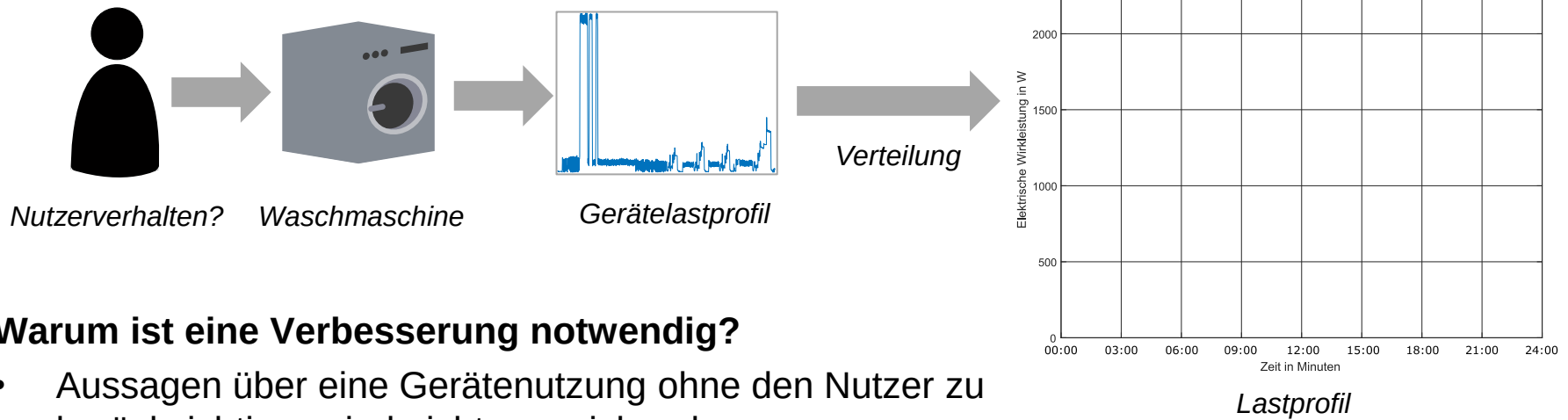
Gliederung

- **Motivation**
- Datenauswertung von personenbezogenen Informationen
- Deskriptive Kenngrößen
- Personenbezogene Profilerstellung
- Energetische Modellierung von nutzerabhängigen Betriebsmitteln
- Simulationsszenarien

Motivation

Ziel

- Verbesserte Lastprognosen von Wohngebäuden durch detaillierte Betrachtung des Nutzerverhaltes



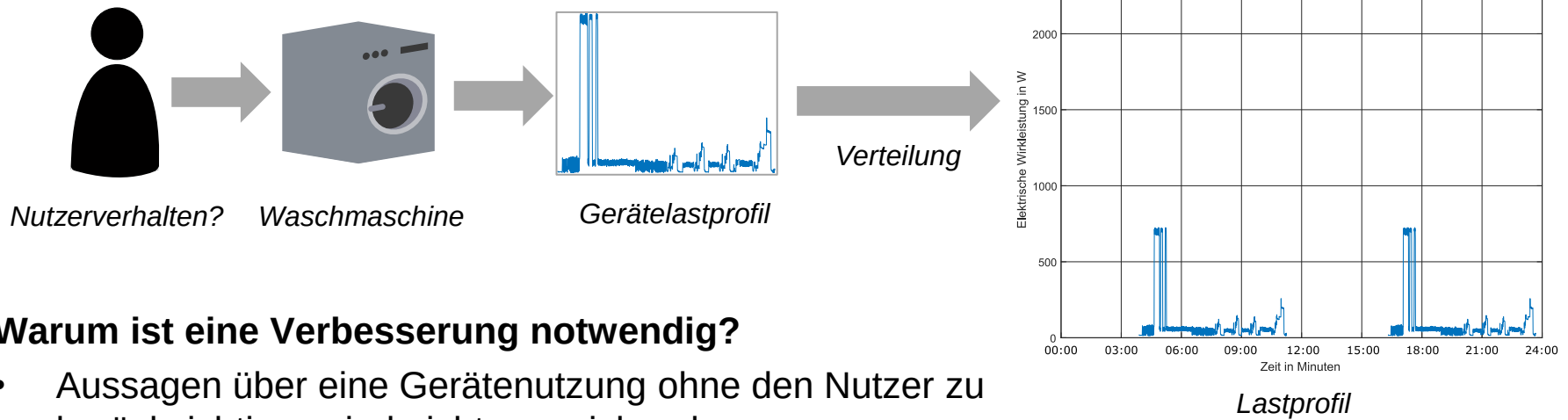
Warum ist eine Verbesserung notwendig?

- Aussagen über eine Gerätenutzung ohne den Nutzer zu berücksichtigen sind nicht ausreichend

Motivation

Ziel

- Verbesserte Lastprognosen von Wohngebäuden durch detaillierte Betrachtung des Nutzerverhaltes



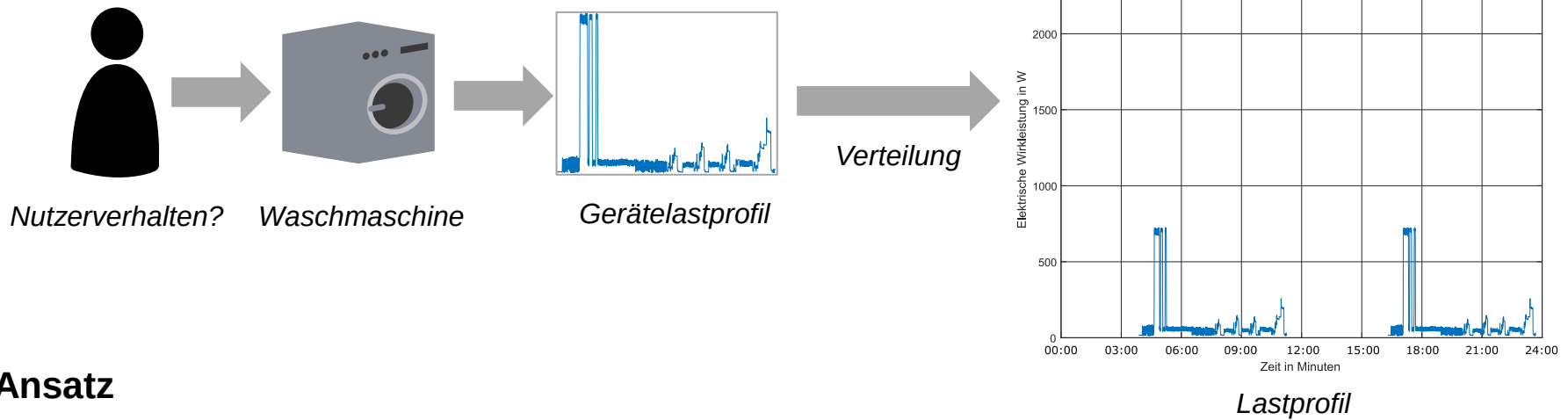
Warum ist eine Verbesserung notwendig?

- Aussagen über eine Gerätenutzung ohne den Nutzer zu berücksichtigen sind nicht ausreichend
- Bisherige Lastannahmen mit Hilfe von Standardlastprofilen verlieren langsam ihre Gültigkeit
 - Keine Berücksichtigung von Speichersystemen, Elektromobilität und Energiemanagementsystemen
 - Auftretendes Lastverhalten wird nicht korrekt abgebildet

Motivation

Ziel

- Verbesserte Lastprognosen von Wohngebäuden durch detaillierte Betrachtung des Nutzerverhaltes



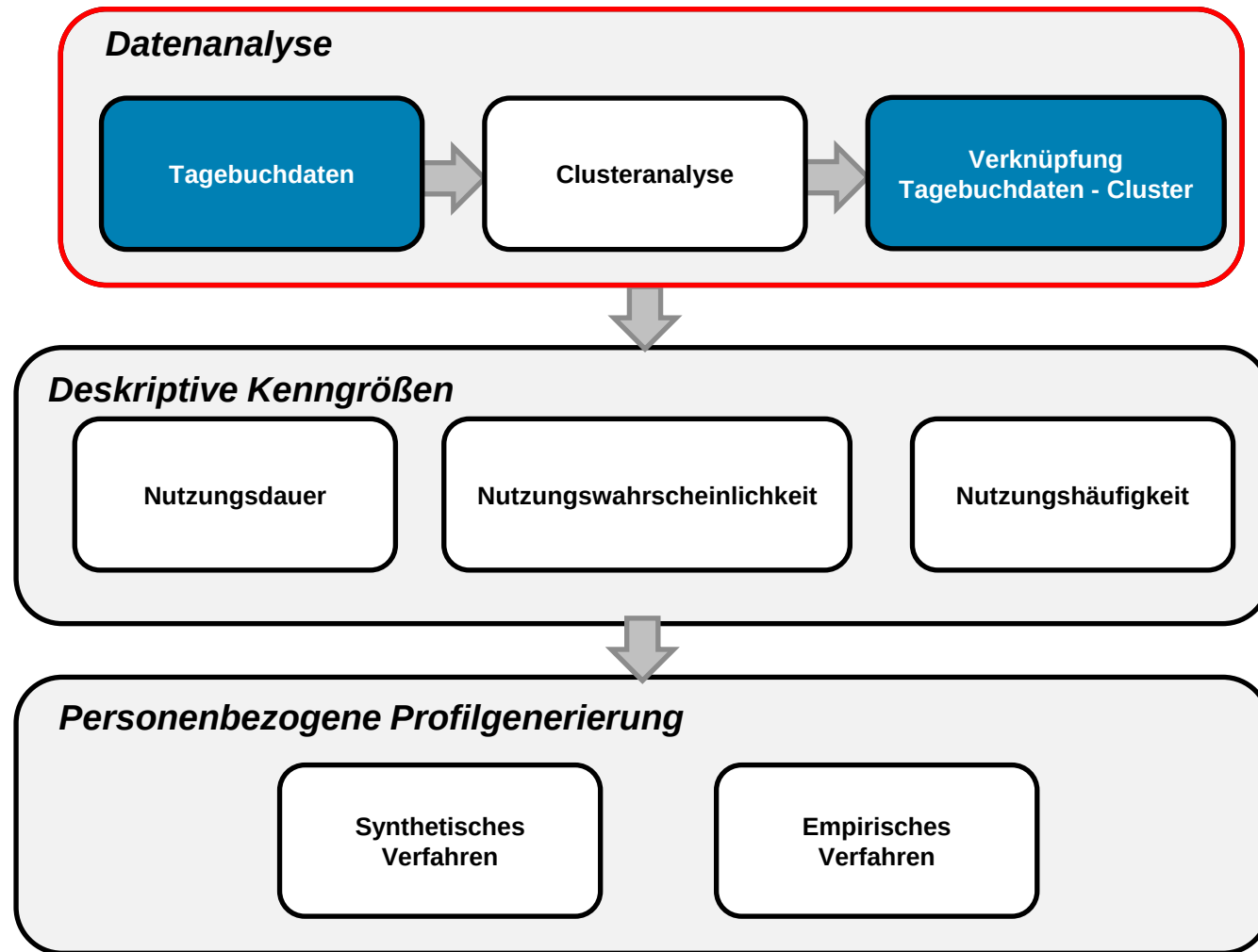
Ansatz

- Energetische Modellierung mittels Bottom-Up-Ansatz
→ jedes Betriebsmittel wird in seinen elektrischen und thermischen Eigenschaften nachgebildet
- Nutzermodellierung
- Kopplung von Nutzer und Betriebsmittel mittels empirischen und synthetischen Verfahren

Gliederung

- Motivation
- **Datenauswertung von personenbezogenen Informationen**
- Deskriptive Kenngrößen
- Personenbezogene Profilerstellung
- Energetische Modellierung von nutzerabhängigen Betriebsmitteln
- Simulationsszenarien

Datenauswertung von personenbezogenen Informationen



Datengrundlage - Nutzerdatenbank

Datengrundlage

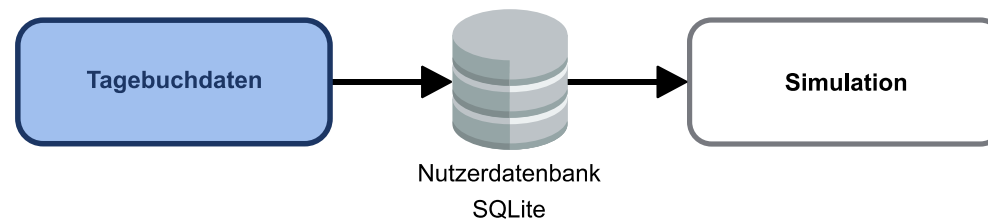
- Zeitverwendungserhebung in Deutschland von 2012/2013
- Jede befragte Person füllte drei Tagebucheinträge aus und notierte in 10-Minuten-Intervallen, welche Aktivität er gerade ausführt
- Stichprobenumfang: 5040 private Haushalte mit 11371 Personen
- Kategorisierung in ca. 165 Aktivitäten

The image shows a sample diary page titled 'Musterseite von Vater Peter'. It is a grid-based form for recording activities over a 24-hour period. The columns include 'Uhrzeit' (Time), 'Was haben Sie gemacht?' (What did you do?), 'Was haben Sie gleichzeitig gemacht?' (What did you do simultaneously?), 'Welches Verkehrsmittel haben Sie genutzt?' (Which mode of transport did you use?), and 'Wer war dabei?' (Who was with you?). The 'Wer war dabei?' column has sub-columns for 'Personen' (Persons), 'Kinder' (Children), and 'Andere' (Others). The form is divided into three sections: 'Morgen' (Morning), 'Nachmittag' (Afternoon), and 'Abend' (Evening). The 'Morgen' section covers 00:00 to 06:00, 'Nachmittag' covers 06:00 to 18:00, and 'Abend' covers 18:00 to 24:00. Each 10-minute interval has a row for recording activities. The form is labeled 'Seite 7' at the bottom right.

Erhebungsbogen für das Tagebuch [1]

Nutzerdatenbank

- Zur effizienten Datenverwaltung wurde eine lokale SQLite-Datenbank eingerichtet
- Dynamische Abfrage zur Analyse der Tagebuchdaten
- Direkte Schnittstelle zur Simulation in MATLAB



Clusteranalyse

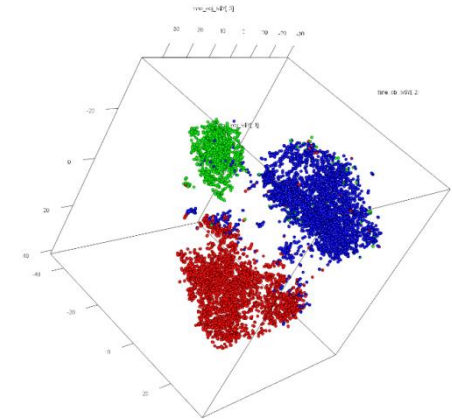
Methodik

- Gruppierung von Objekten anhand ihrer Ähnlichkeiten
- Bildung von Oberkategorien aus den Aktivitäten
- Keine theoretischen Annahmen zur Anzahl von Gruppen, welche das Verhalten beschreiben
→ **explorative Clusteranalyse**
- *Distanzmaß*: Levenshtein Distanz
- *Clustermethode*: Partitioning around Medoids (PAM)
- *Validierungskriterium*: average silhouhette width

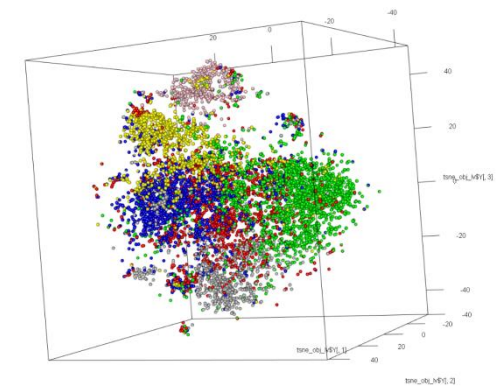
Ergebnis

Clustergrößen für Wochentag und Wochenendtage

Tagestyp	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6
Wochentag	4006	1730	4853	-	-	-
Wochenendtag	2373	2890	2198	1134	1441	618

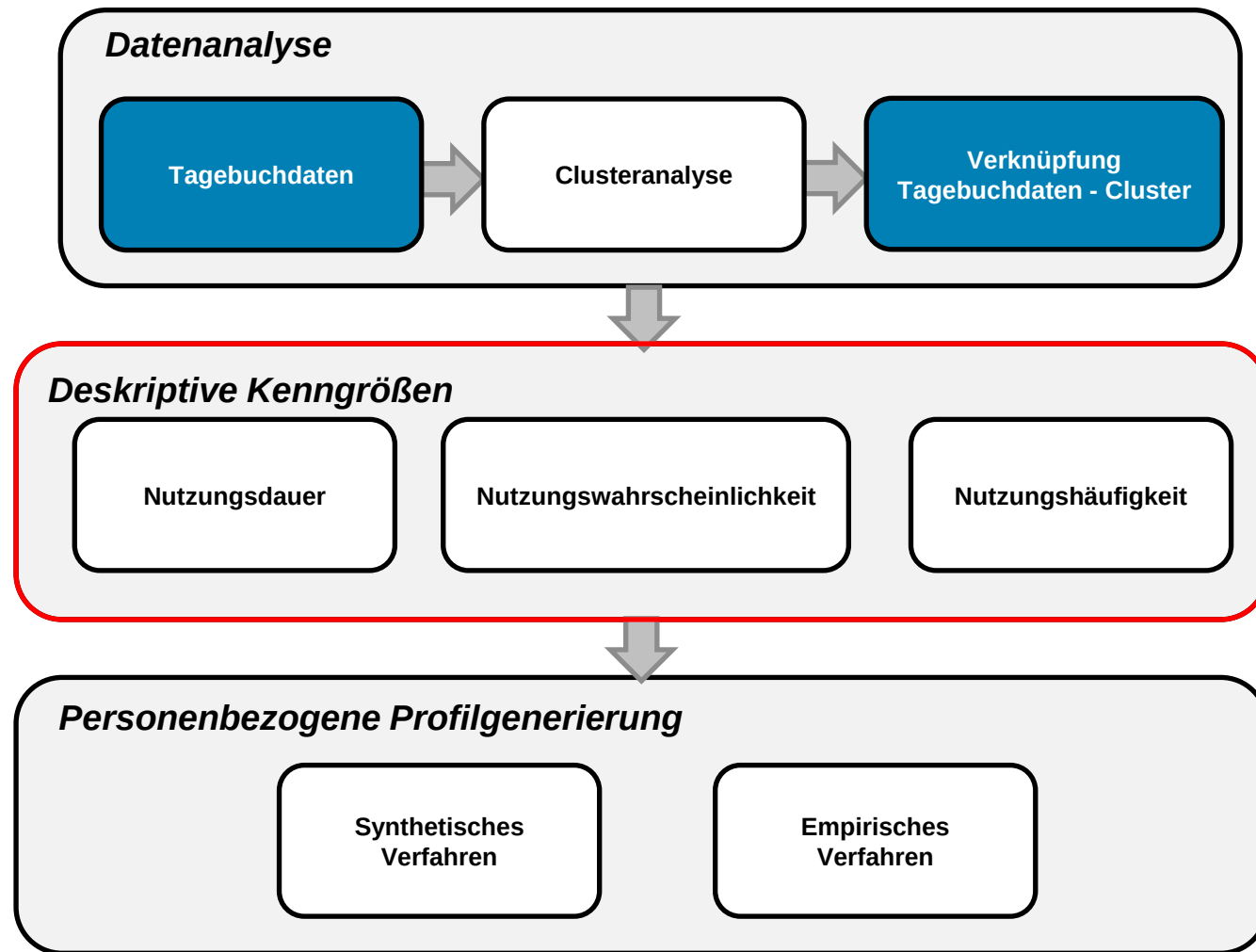


Wochentag



Wochenendtag

Deskriptive Kenngrößen



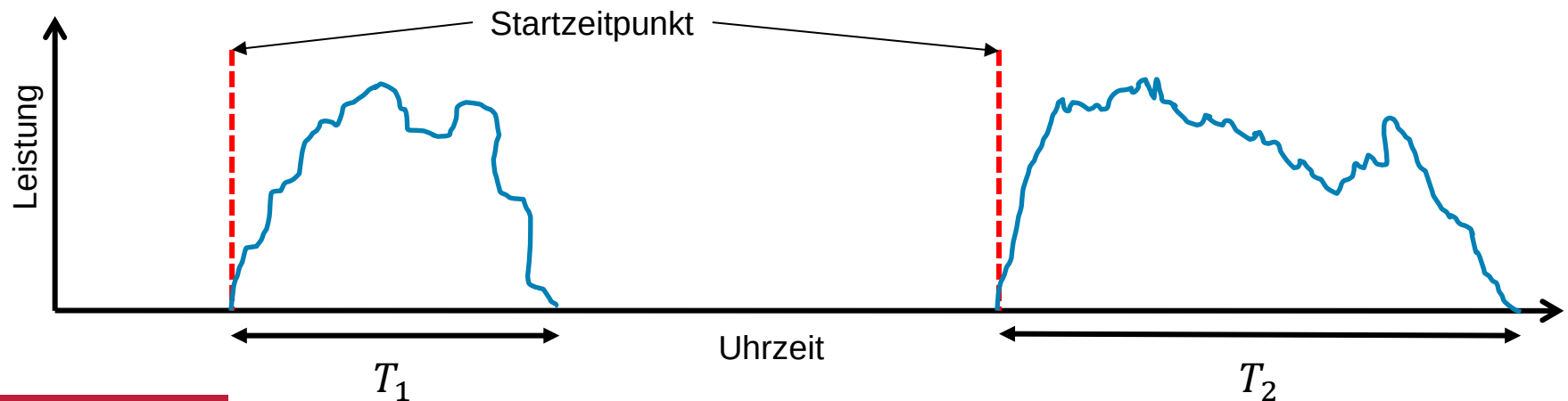
Deskriptive Kenngrößen

Ziel

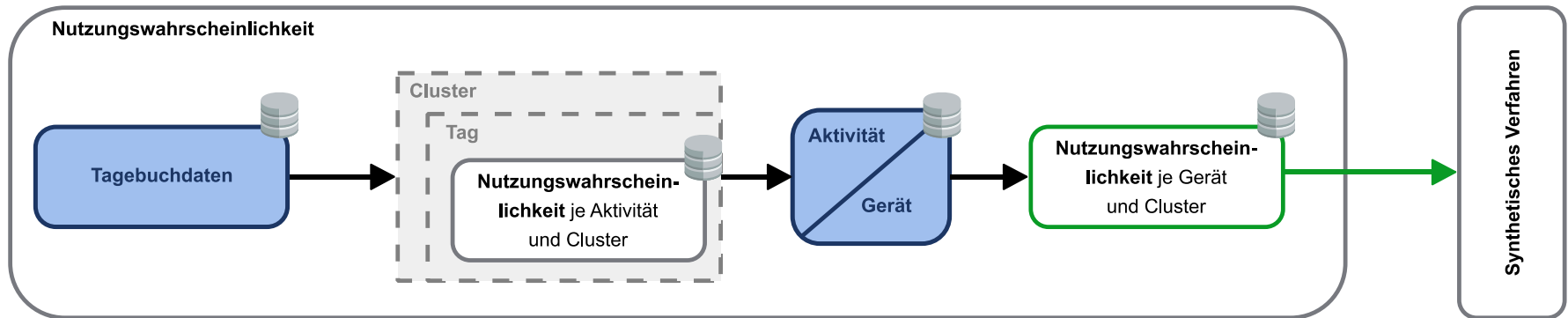
- Statistische Analyse der Tagebuchdaten, um Verhaltensweisen auf Aktivitätsebene und Geräteebene reproduzierbar nachzubilden

Methodik

- Bestimmung von drei deskriptiven Kenngrößen aus den Tagebuchdaten
 - **Nutzungshäufigkeit:** Wie oft wird eine Aktivität am Tag durchgeführt? → z.B. 2 mal
 - **Zeitliche Nutzungswahrscheinlichkeit:** Wann wird eine Aktivität durchgeführt?
 - **Nutzungsdauer:** Wie lange wird eine Aktivität durchgeführt?



Zeitliche Nutzungswahrscheinlichkeit (Prozess)

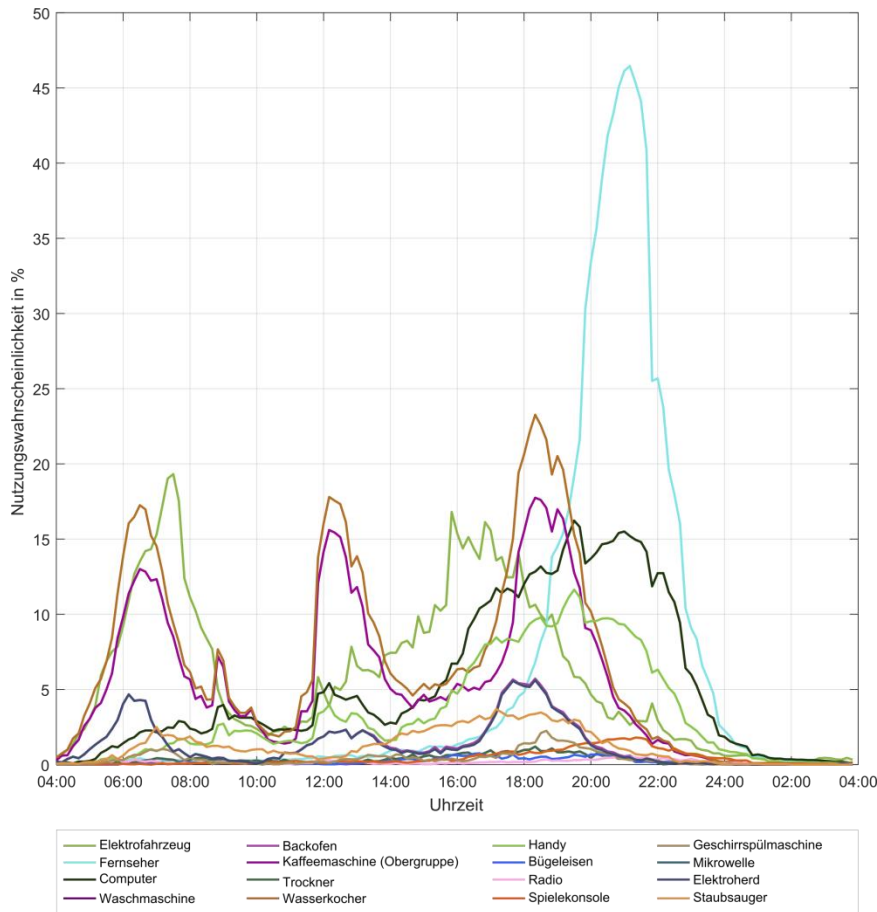


Prozessdarstellung zur Bestimmung der zeitlichen Nutzungswahrscheinlichkeit-

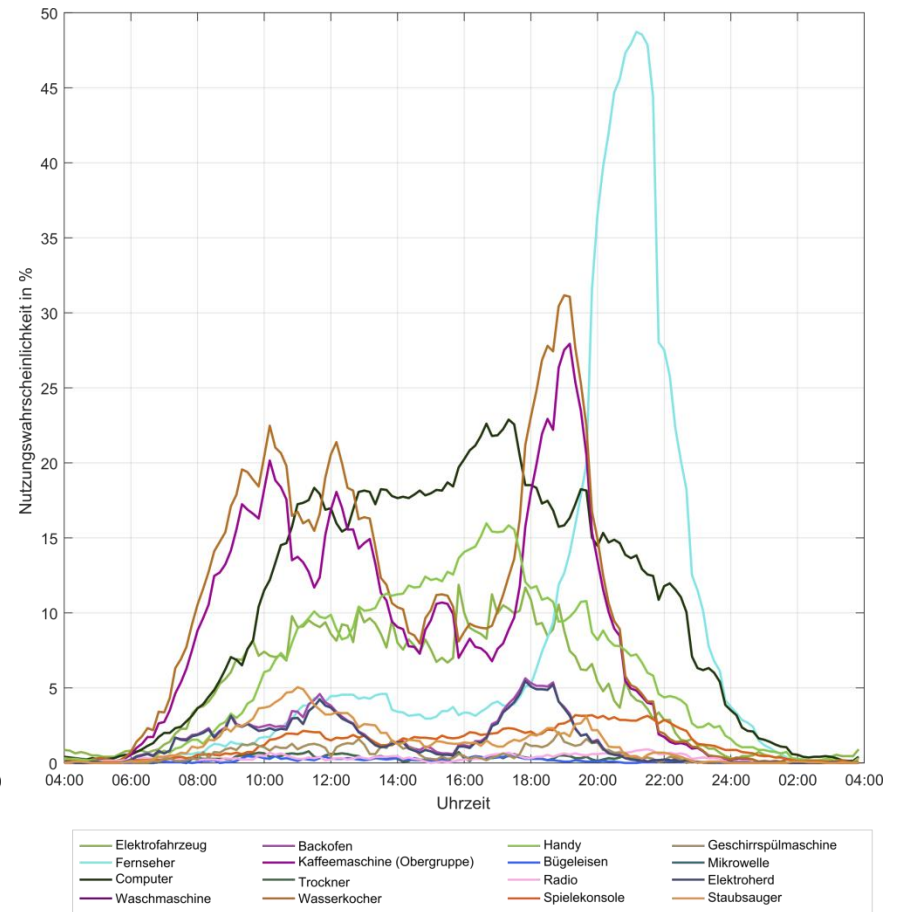
Prozess

1. Selektion der Tagebuchdaten (Wochentag / Cluster)
 2. Bestimmung der absoluten und relativen Häufigkeit jeder Aktivität pro Zeitpunkt (Wie häufig tritt die Aktivität im Zeitpunkt auf?)
→ **Nutzungswahrscheinlichkeit je Aktivität und Selektion**
 3. Verknüpfung Aktivität/Betriebsmittel
→ **Nutzungswahrscheinlichkeit je Gerät und Selektion**
- Beliebig für zusätzliche Betriebsmittel erweiterbar

Zeitliche Nutzungswahrscheinlichkeit - Betriebsmittel

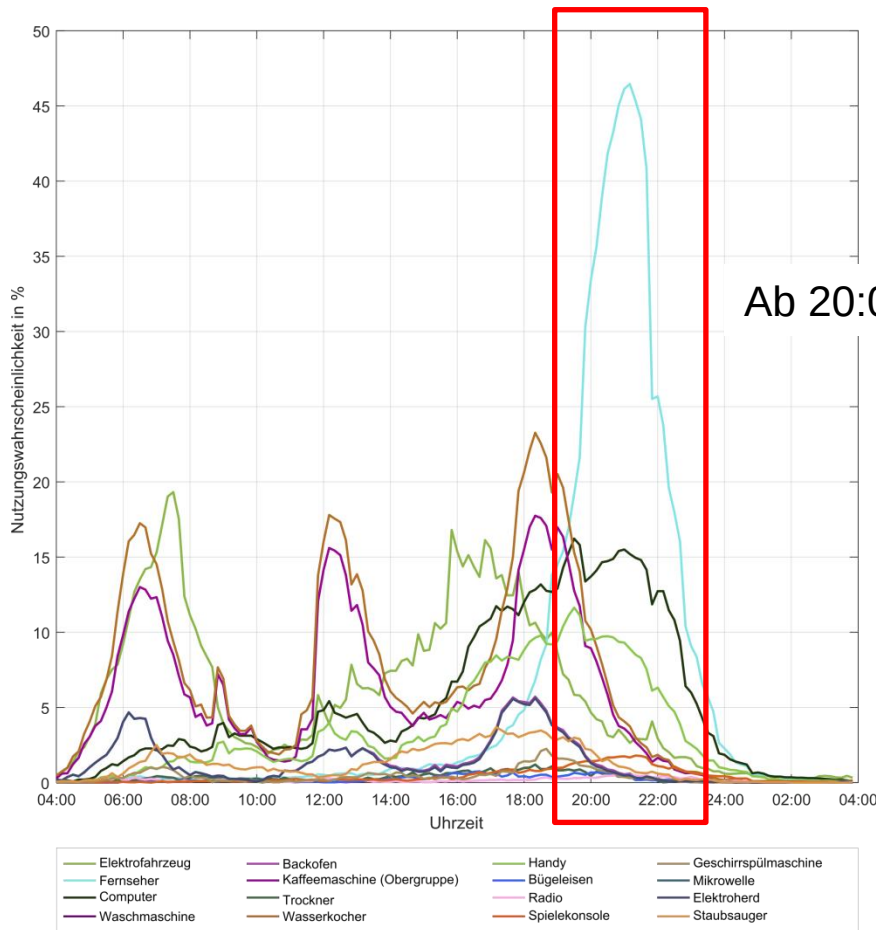


Cluster 1 / Wochentag

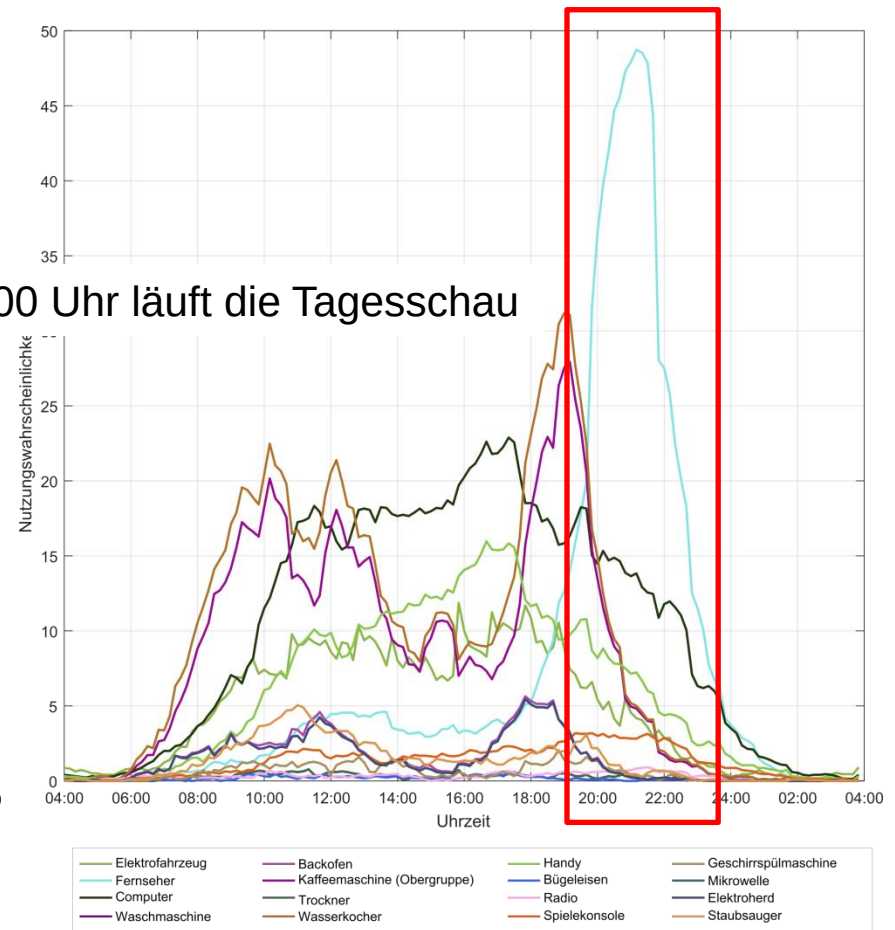


Cluster 3 / Wochenendtag

Zeitliche Nutzungswahrscheinlichkeit - Betriebsmittel

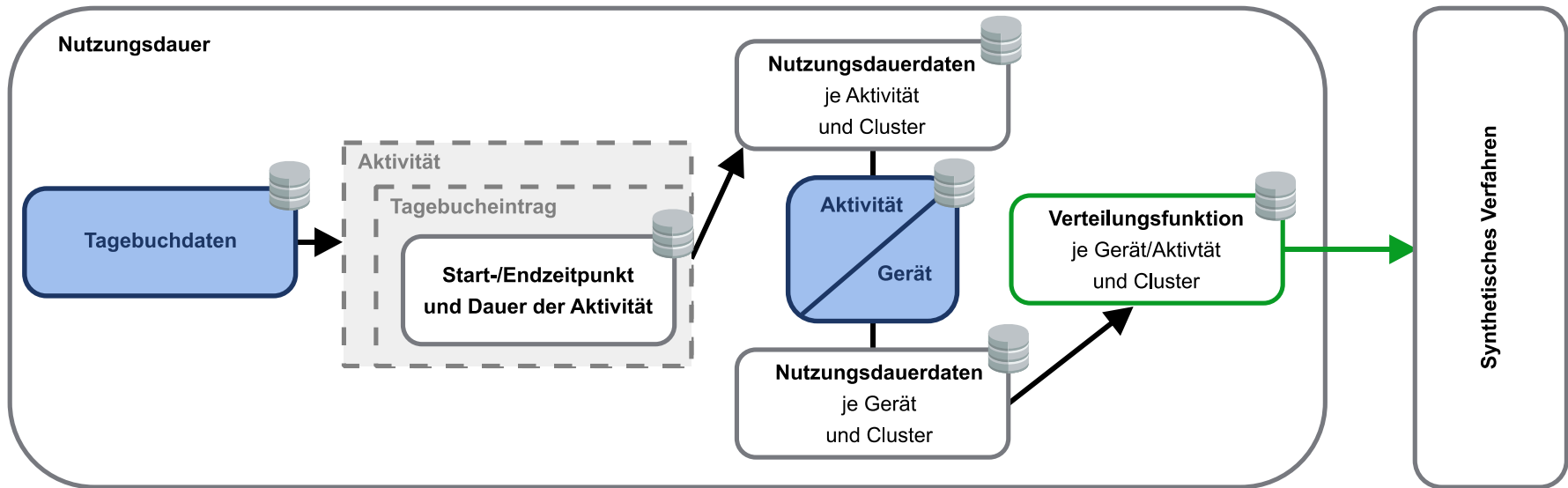


Cluster 1 / Wochentag



Cluster 3 / Wochenende

Nutzungsdauer (Prozess)



Prozessdarstellung zur Bestimmung der Nutzungsdauer

Prozess

1. Selektion der Tagebuchdaten (Wochentag / Cluster)
2. Bestimmung der Start-/Endzeitpunkte und Dauer des Aktivitätseintrages je Tagebucheintrag → **Nutzungsdauerdaten je Aktivität**
3. Verknüpfung Aktivität/Betriebsmittel → **Nutzungsdauerdaten je Gerät**
4. Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsfunktionen je Aktivität und Gerät

Nutzungsdauer (Ergebnisse)

Aktivitäten

Auszug Aktivitätsnutzungsdauer in Minuten (Selektion Cluster 1/Wochentag)

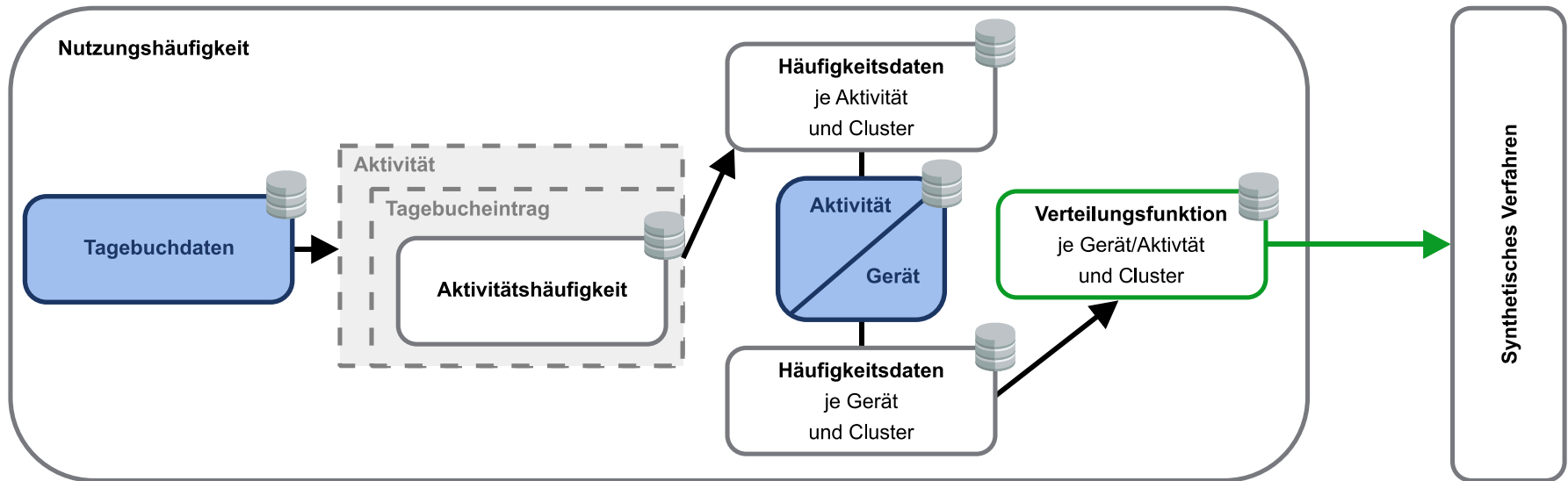
Gerät	Mittelwert	Standardabw.	Verteilung
Haupterwerb	199,89	121,55	Allg. Extremwertverteilung ($\mu = 6877,1$; $\sigma = 5460$; $k = 0,0305$)
Essen/Trinken	29,02	18,967	LogNormal ($\mu = 7,3021$; $\sigma = 0,5605$)
Wäsche waschen	19,403	15,603	Allg. Extremwertverteilung ($\mu = 608,23$; $\sigma = 43,056$; $k = 5,234$)
...	...	...	...

Geräte

Auszug Gerätenutzungsdauer in Minuten (Selektion Cluster 1/Wochentag)

Gerät	Mittelwert	Standardabw.	Verteilung
Fernseher	84,701	57,532	Gamma-Vert. ($a = 2,126$; $b = 2390,172$)
Auto	26,147	24,873	Allgemeine Extremwertverteilung ($k = 4,328$; $\sigma = 34,599$; $\mu = 607,988$)
Backofen	22,005	16,653	Allgemeine Extremwertverteilung ($k = 4,6995$; $\sigma = 33,996$; $\mu = 607,23$)
Telefon	33,291	32,112	Allgemeine Extremwertverteilung ($k = 5,0531$; $\sigma = 660,3$; $\mu = 730,656$)
HiFi-Anlage/Radio	36,298	32,713	Inverse Normalvert. ($\mu = 2177,9$; $\lambda = 2959,315$)
Computer/Tablet/ Laptop	35,707	34,541	Allgemeine Extremwertverteilung ($k = 0,6920$; $\sigma = 684,743$; $\mu = 1082,7$)
...	...	...	...

Nutzungshäufigkeit (Prozess)



Prozessdarstellung zur Bestimmung der Nutzungshäufigkeit

Prozess

1. Selektion der Tagebuchdaten (Wochentag / Cluster)
2. Bestimmung der Aktivitätshäufigkeit je Aktivität und Tagebucheintrag
(Wie häufig tritt die Aktivität pro Tagebucheintrag auf?)
→ **Nutzungshäufigkeitsdaten je Aktivität**
3. Verknüpfung Aktivität/Betriebsmittel → **Nutzungshäufigkeitsdaten je Gerät**
4. Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsfunktionen je Aktivität und Gerät

Nutzungshäufigkeit (Ergebnisse)

Aktivitäten

Auszug Aktivitätsnutzungshäufigkeiten in Anzahl/Tag (Selektion Cluster 1/Wochentag)

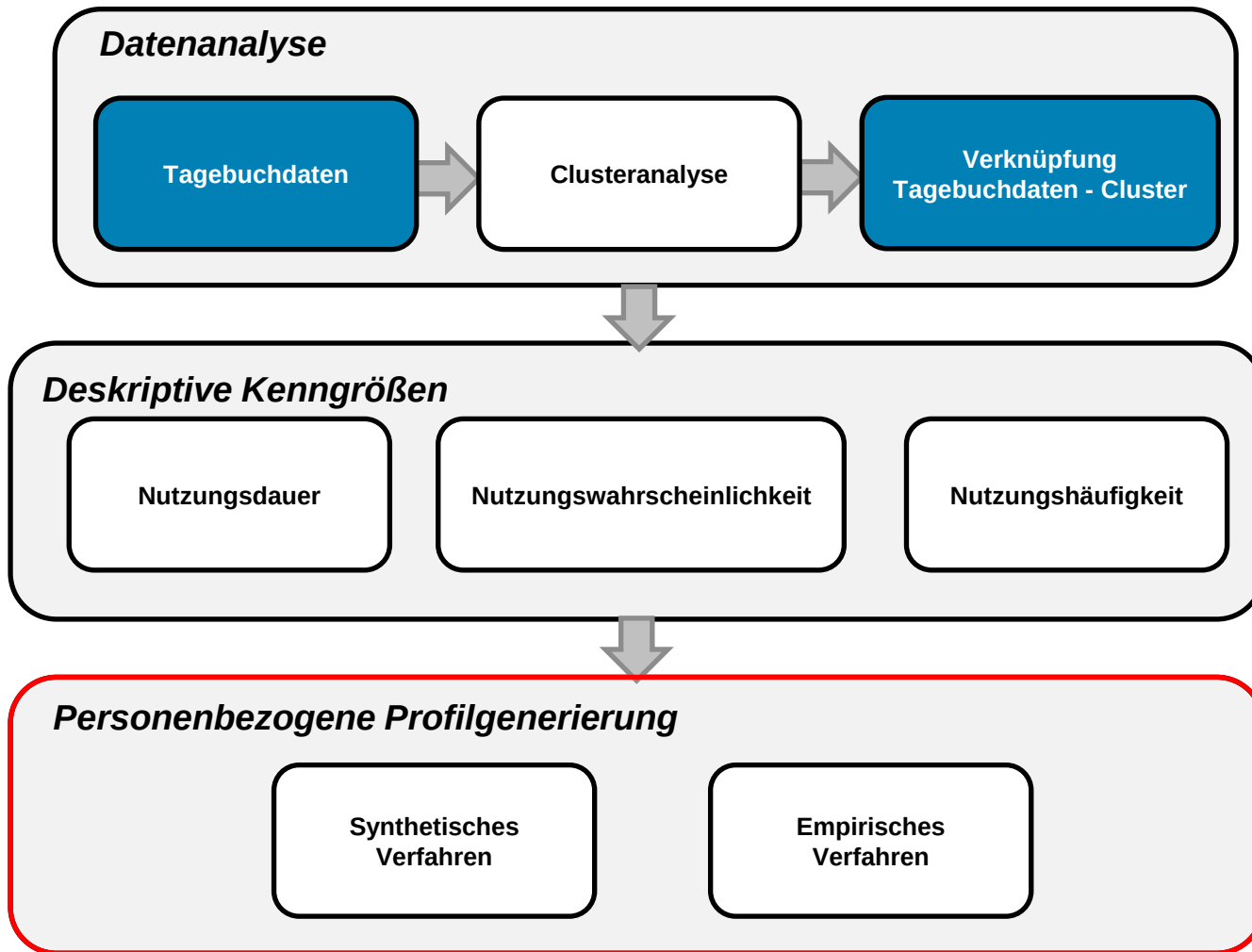
Gerät	Mittelwert	Standardabw.	Verteilung
Haupterwerb	2,153	1,13	Allg. Extremwertverteilung ($\mu = 1,672; \sigma = 0,9716; k = -0,079$)
Essen/Trinken	2,657	1,116	t- location-scale-Verteilung ($\mu = 2,647; \sigma = 1,059; \nu = 19,339$)
Wäsche waschen	0,23	0,603	Pareto-Verteilung ($k = 7,434; \sigma = 0; \theta = 0$)
...	...	...	...

Geräte

Auszug Gerätenutzungshäufigkeiten in Anzahl/Tag (Selektion Cluster 1/Wochentag)

Gerät	Mittelwert	Standardabw.	Verteilung
Kaffeemaschine	2,659	1,118	t- location-scale-Verteilung ($\mu = 2,647; \sigma = 1,059; \nu = 19,339$)
Waschmaschine Wäschetrockner	0,234	0,608	Pareto-Verteilung ($k = 7,434; \sigma = 0; \theta = 0$)
Geschirrspül- maschine	0,362	0,713	Pareto-Verteilung ($k = 10,999; \sigma = 0; \theta = 0$)
Wasserkocher	3,502	1,593	Allg. Extremwertverteilung ($\mu = -0,113; \sigma = 1,425; k = 2,831$)
Fernseher	1,035	0,806	Pareto-Verteilung ($k = -0,186; \sigma = 1,212; \theta = 0$)
Auto	3,246	1,745	Allg. Extremwertverteilung ($k = -0,077; \sigma = 1,485; \mu = 2,5$)
...	...	...	...

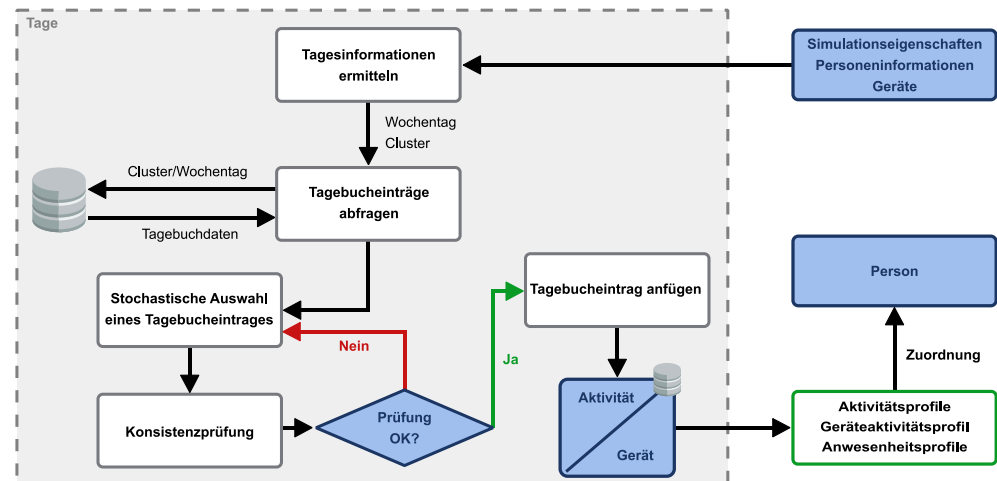
Personenbezogene Profilgenerierung



Empirisches Verfahren

Ziel

- Erzeugung eines Aktivitäts-, Geräteaktivitäts- und Anwesenheitsprofils **mit** Verwendung des Datenbestandes



Prozessdarstellung des empirischen Verfahrens

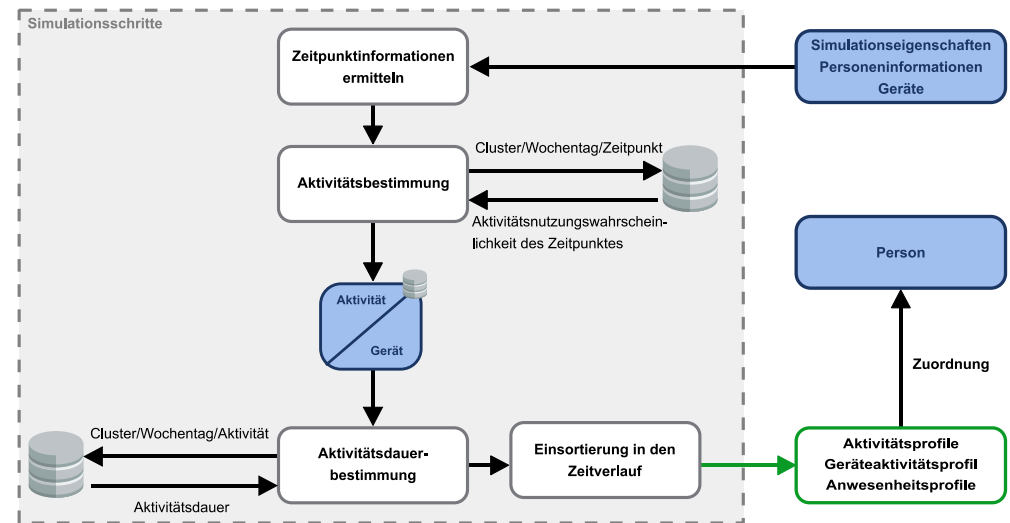
Vorgehen

- Iteration über jeden Tag → Ermittlung der Tagesinformationen (Wochentag)
- Abfrage der Tagebucheinträge anhand Cluster/Wochentag aus der Datenbank
- Stochastische Auswahl eines der möglichen Tagebucheinträge
- *Konsistenzprüfung*: Kann der Tagebucheintrag angefügt werden?
- Einsortierung in den Zeitverlauf
- Verknüpfung Aktivität – Betriebsmittel
- Zuordnung der generierten Profile zu den Personen

Synthetisches Verfahren

Ziel

- Erzeugung eines Aktivitäts-, Geräteaktivitäts- und Anwesenheitsprofils **ohne** Verwendung des Datenbestandes



Prozessdarstellung des synthetischen Verfahrens

Vorgehen

- Iteration über jeden Simulationsschritt → Ermittlung der Zeitpunktinformationen
- Stochastische Selektion aus der Verteilung der Nutzungswahrscheinlichkeiten
- Verknüpfung Aktivität – Betriebsmittel
- Bestimmung der Aktivitätsdauer der ermittelten Aktivität
- Einsortierung in den Zeitverlauf
- Zuordnung der generierten Profile zu den Personen

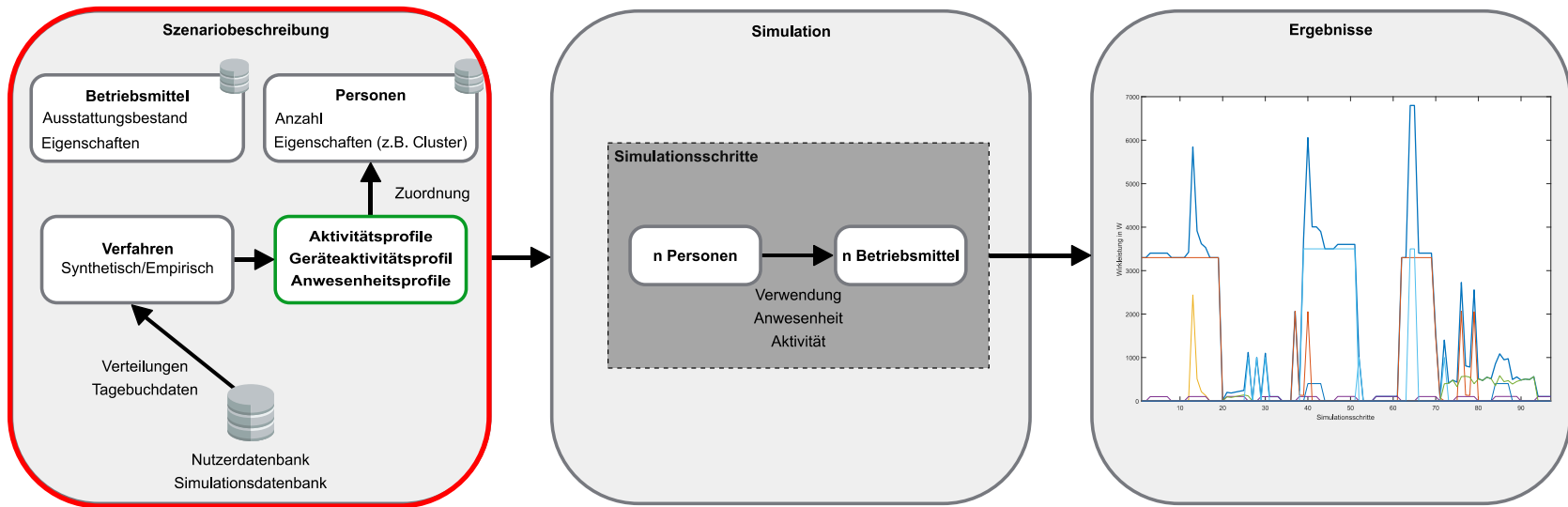
Gliederung

- Motivation
- Datenauswertung von personenbezogenen Informationen
- Deskriptive Kenngrößen
- Personenbezogene Profilgenerierung
- **Energetische Modellierung von nutzerabhängigen Betriebsmitteln**
- Simulationsszenarien

Energetische Modellierung nutzerabhängiger Betriebsmittel

Simulation in der Simulationsumgebung eSE (elenia Simulation Environment) [2]
Nutzermodellierung als neues eigenständiges Modul

- Umsetzung des empirischen und synthetischen Verfahrens, Datenbankkopplung



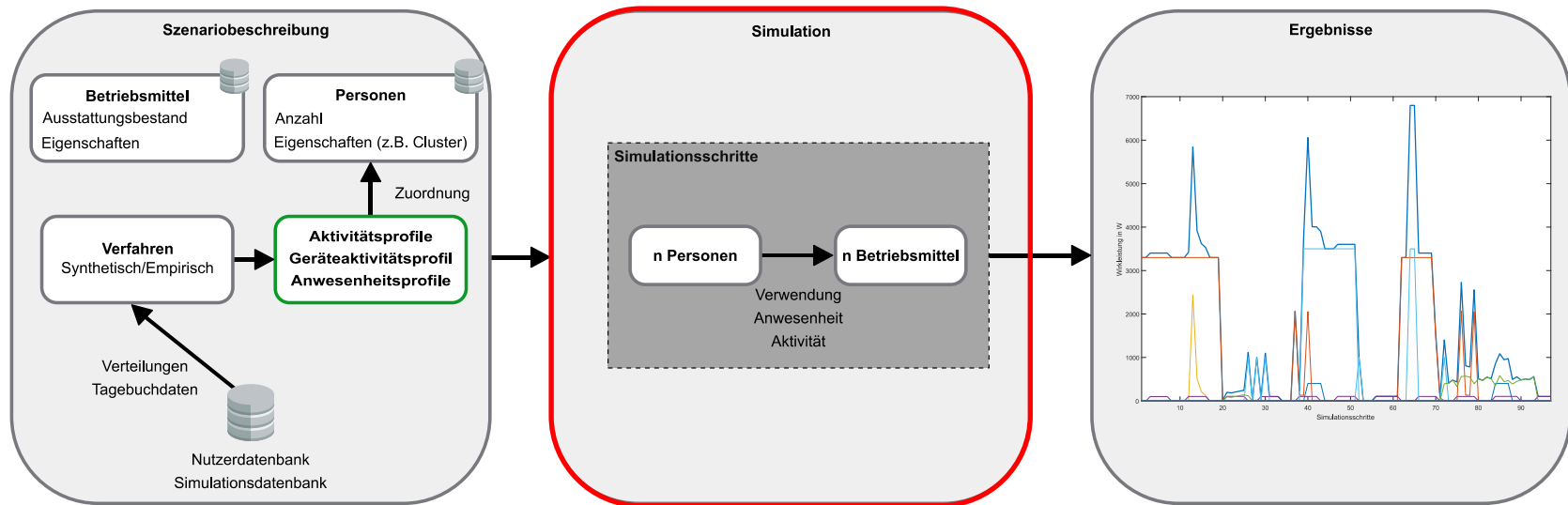
Szenariobeschreibung: Definition der Betriebsmittel und Personen, personenbezogene Profilgenerierung

Energetische Modellierung nutzerabhängiger Betriebsmittel

Simulation in der Simulationsumgebung eSE (elenia Simulation Environment) [2]

Nutzermodellierung als neues eigenständiges Modul

- Umsetzung des empirischen und synthetischen Verfahrens, Datenbankkopplung



Szenariobeschreibung: Definition der Betriebsmittel und Personen, personenbezogene Profilgenerierung

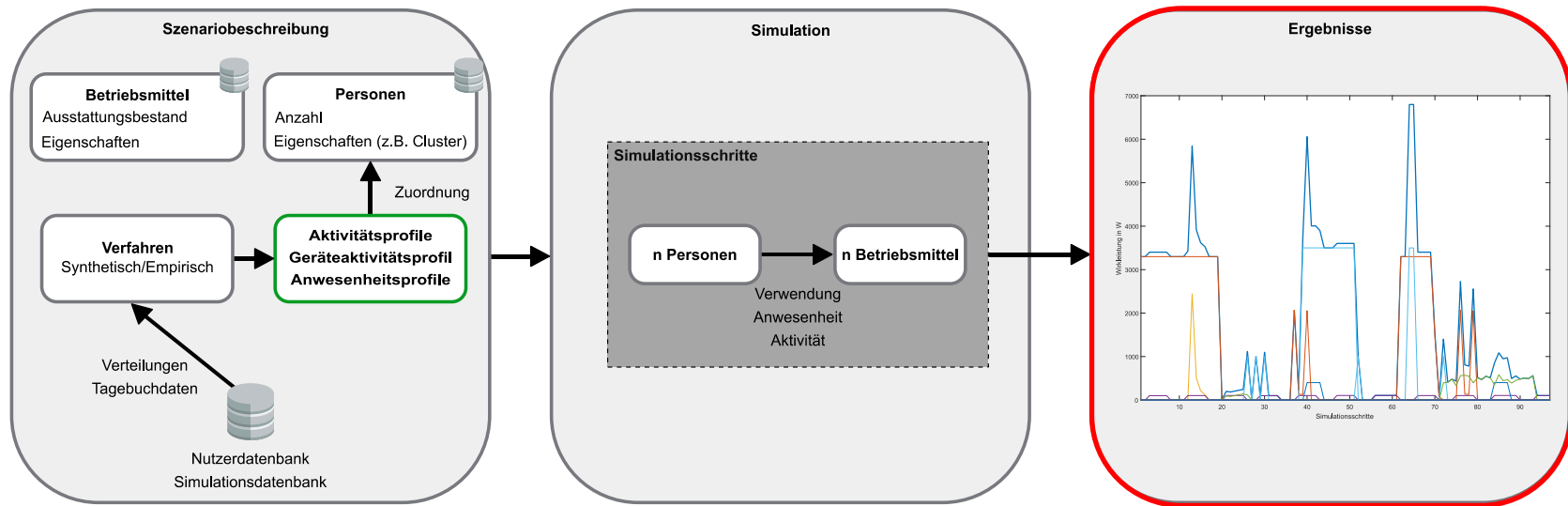
Simulation: Interaktion der Personen mit den Betriebsmitteln abhängig vom hinterlegten Geräteaktivitätsprofil

Energetische Modellierung nutzerabhängiger Betriebsmittel

Simulation in der Simulationsumgebung eSE (elenia Simulation Environment) [2]

Nutzermodellierung als neues eigenständiges Modul

- Umsetzung des empirischen und synthetischen Verfahrens, Datenbankkopplung



Szenariobeschreibung: Definition der Betriebsmittel und Personen, personenbezogene Profilgenerierung

Simulation: Interaktion der Personen mit den Betriebsmitteln abhängig vom hinterlegten Geräteaktivitätsprofil

Ergebnisse: Darstellung von Zeitreihen und Eigenschaften einzelner Betriebsmittel, Datenauswertung

Gliederung

- Motivation
- Datenauswertung von personenbezogenen Informationen
- Deskriptive Kenngrößen
- Personenbezogene Profilerstellung
- Energetische Modellierung von nutzerabhängigen Betriebsmitteln
- **Simulationsszenarien**

Simulationsszenarien

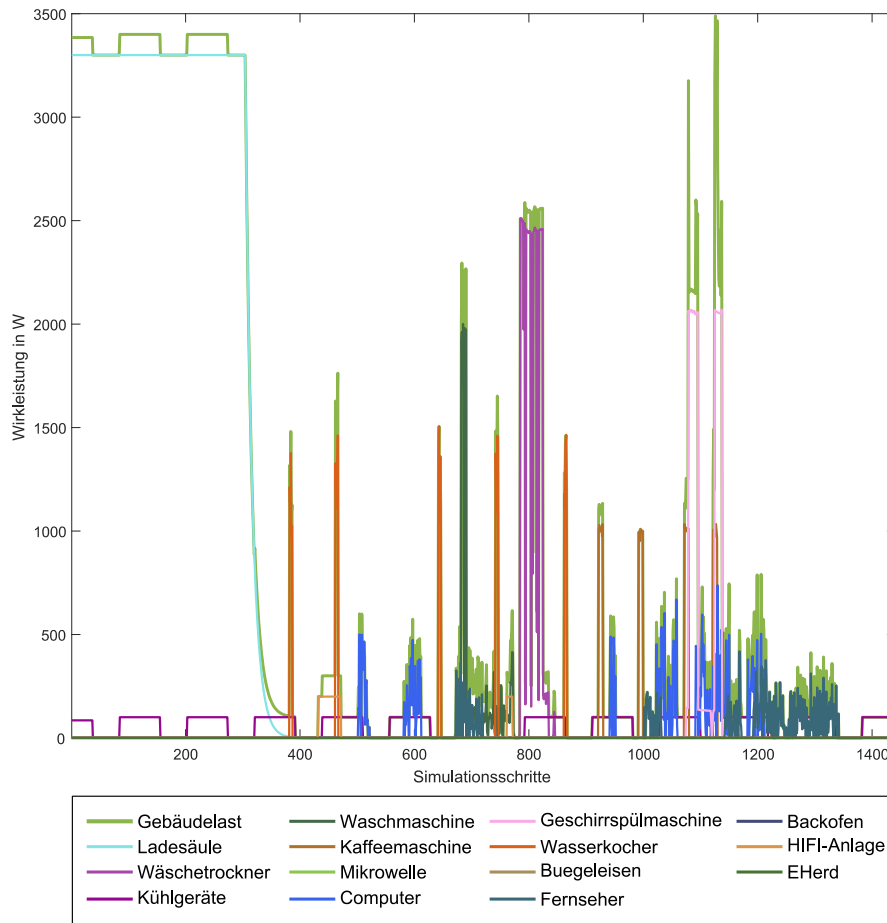
Ziel und Vorgehen

- Erprobung der personenbezogenen Verfahren (Empirisch und Synthetisch) und der Einbindung in die Gesamtsimulation
- Kein gesamtheitlicher Vergleich zu anderen Profilverfahren (Standardlastprofil), da nur nutzerabhängige Betriebsmittel gewählt wurden (siehe Tabelle)
- Simulation eines Wochentages (Mittwoch) mit je 3 Personen unterschiedlichster Cluster und 13 Betriebsmitteln

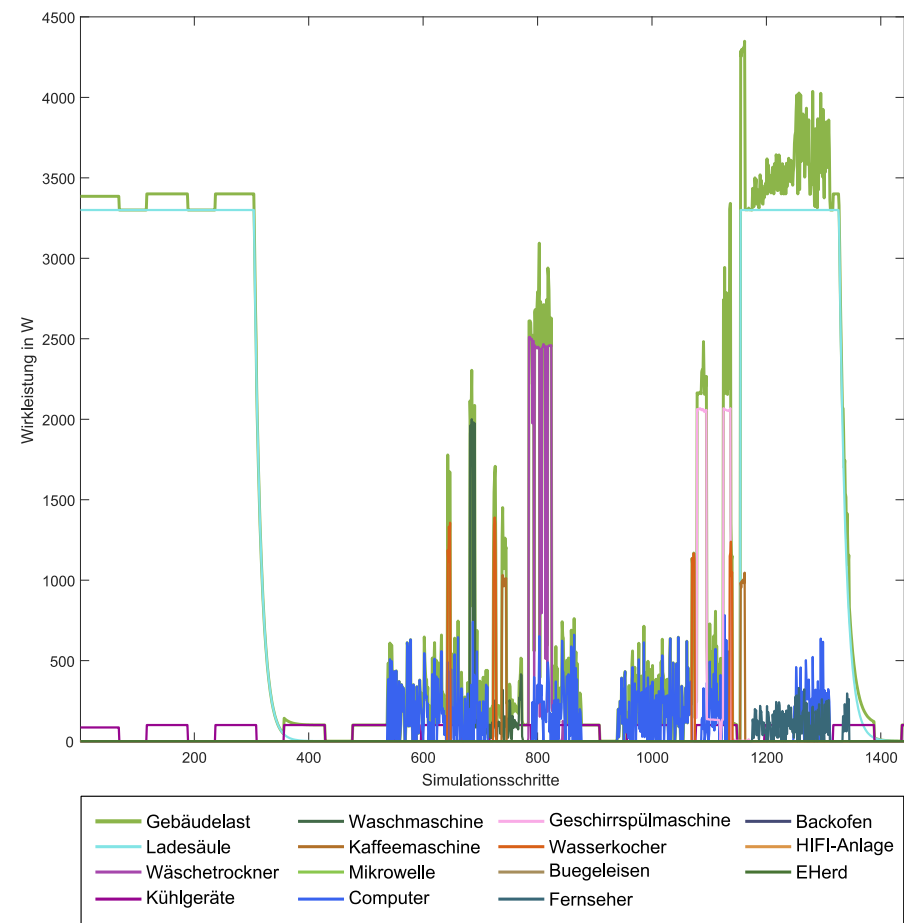
Parameter der Simulationsszenarien

Parameter	Empirisch	Synthetisch
Haushaltsgröße	3 Personen	
Cluster Wochentag	[1-3]	
Auflösung in Minuten	1	
Geräte	Waschmaschine, Wäschetrockner, Geschirrspülmaschine, Kühlschrank, Mikrowelle, Backofen, Elektroherd, Wasserkocher, Fernseher, Computer, Elektrofahrzeug, Kaffeemaschine, Bügeleisen	

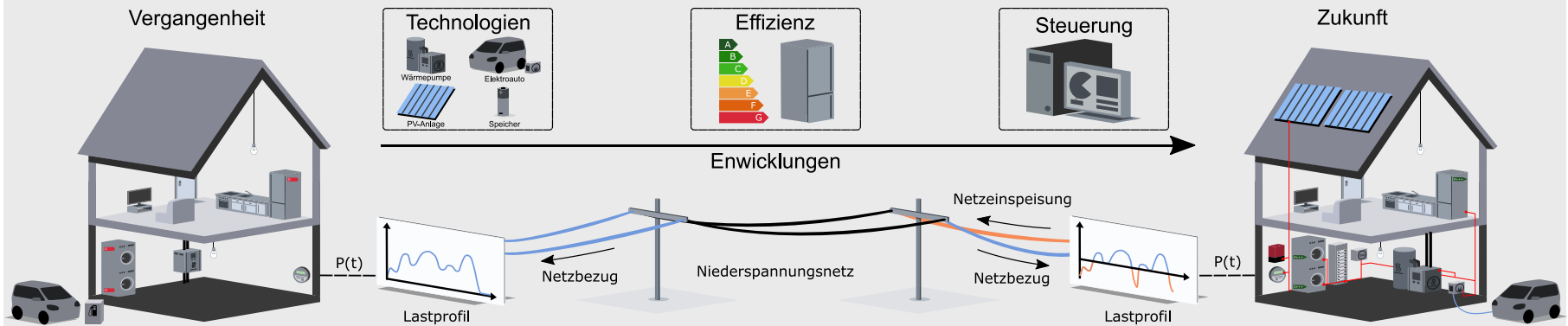
Simulationsszenarien



*Wirkleistungsverläufe Gebäude und Betriebsmittel
(Empirisches Verfahren)*



*Wirkleistungsverläufe Gebäude und Betriebsmittel
(Synthetisches Verfahren)*



Empirische und Synthetische Lastprognose von nutzerabhängigen Verbrauchsgeräten

Christian Reinhold, Farina Wille 16.02.2018

15. Symposium Energieinnovation 2018

Literatur

- [1] Statistische Ämter des Bundes und der Länder. *Zeitverwendung – Tagebuch*. 2013/2013. https://www.statistik.sachsen.de/download/Erhebungsboegen/2A_ZVE_TB.pdf
- [2] Reinhold, C., & Engel, B. (2017). *Simulation environment for investigations of energy flows in residential districts and energy management systems*. In International ETG Congress 2017. Bonn.