



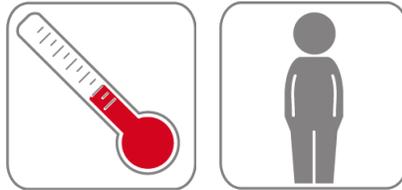
Technische
Universität
Braunschweig

Institut für Gebäude- und Solartechnik
Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
Mühlenpfordtstraße 23
D-38106 Braunschweig
www.igs.bau.tu-bs.de



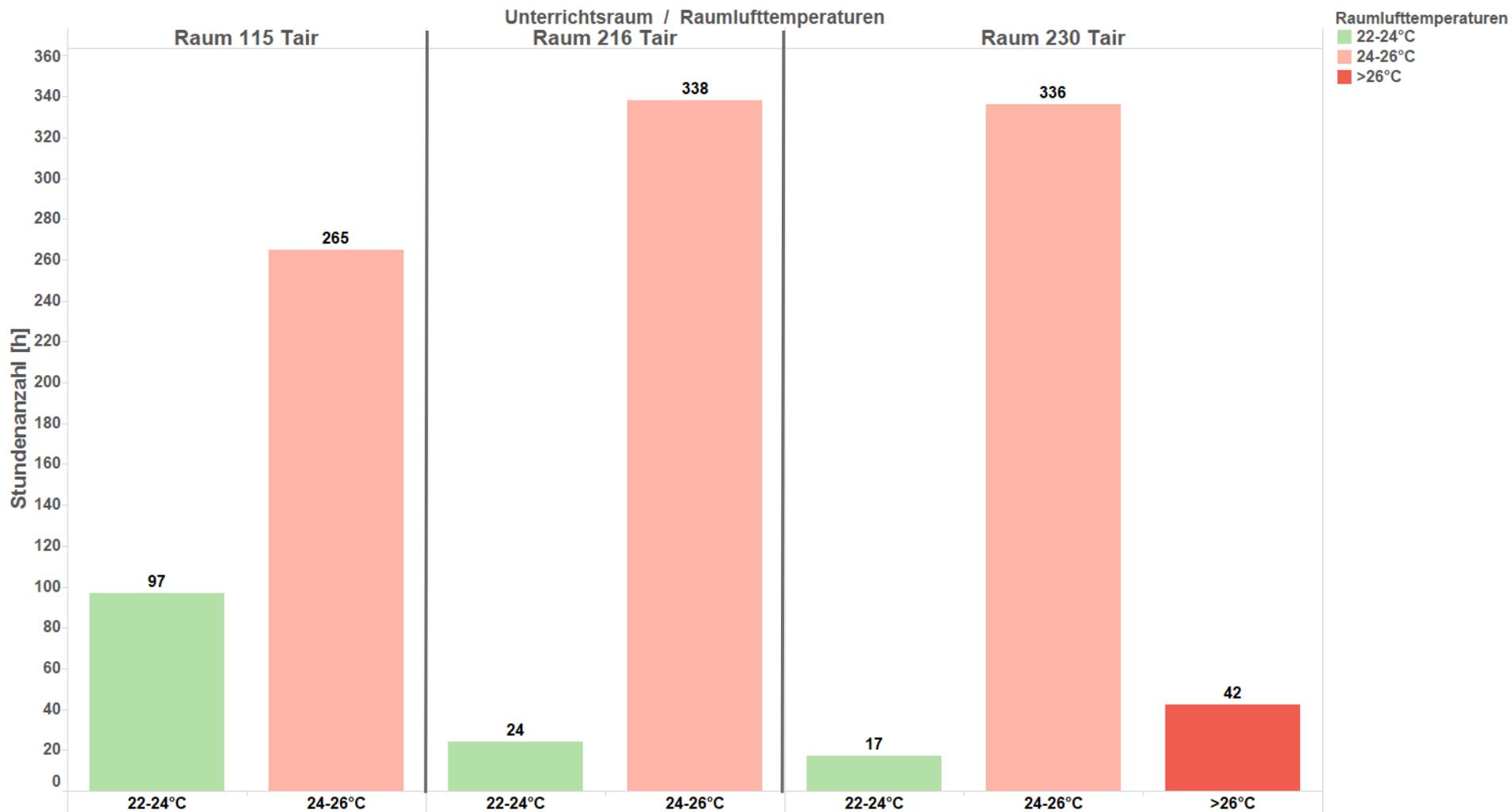
Monitoring und Betriebsoptimierung an der Plusenergieschule in Neumarkt (i.d.OPf.)

Vorstellung erste Ergebnisse zum Monitoring und Betriebsoptimierung
M.Sc. Christian Kley



Raumkomfort

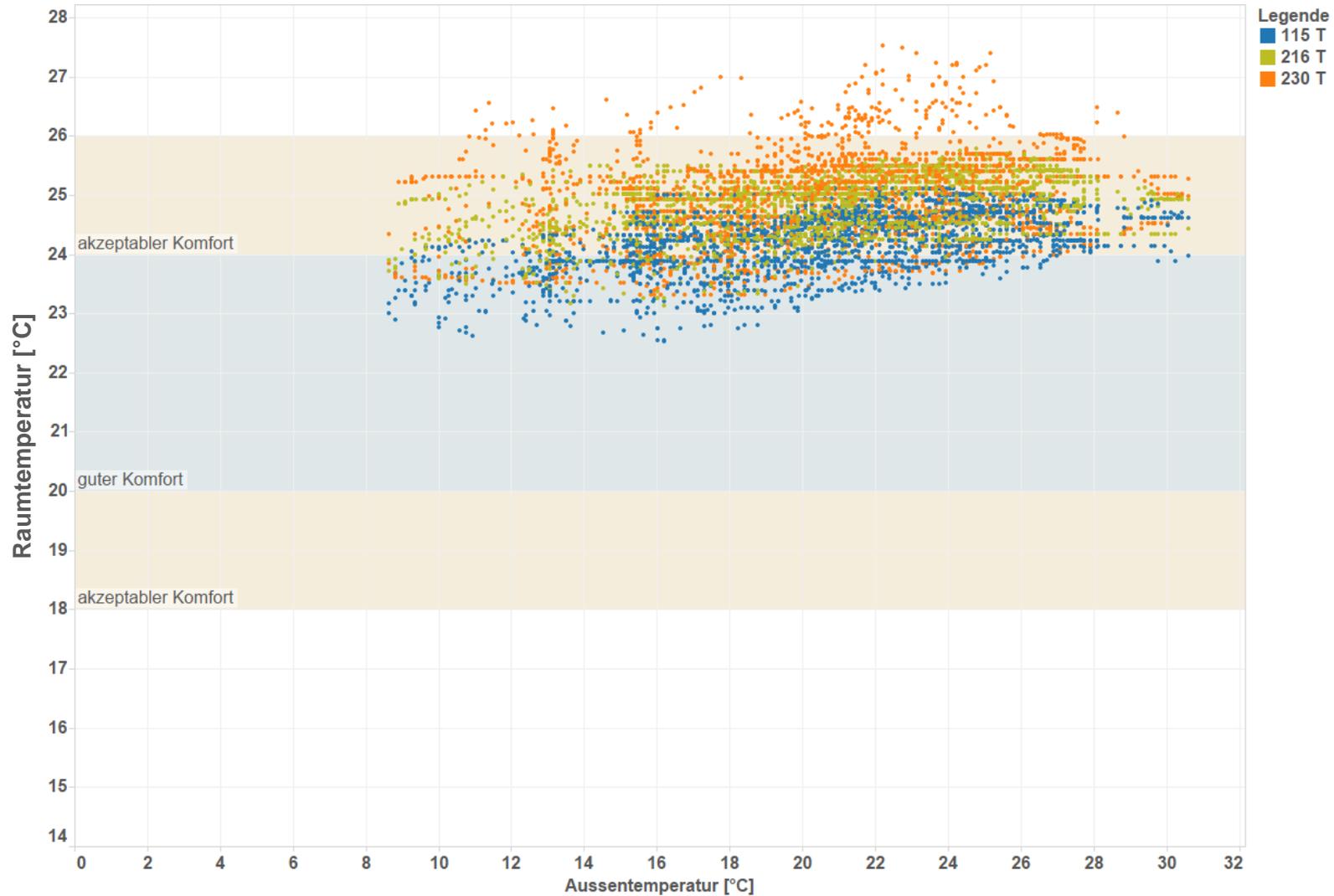
Raumkomfort Sommer Raumtemperatur und Überhitzung



Zeitraum: Juli und September / Schulzeit 7.00 – 17.00 Uhr

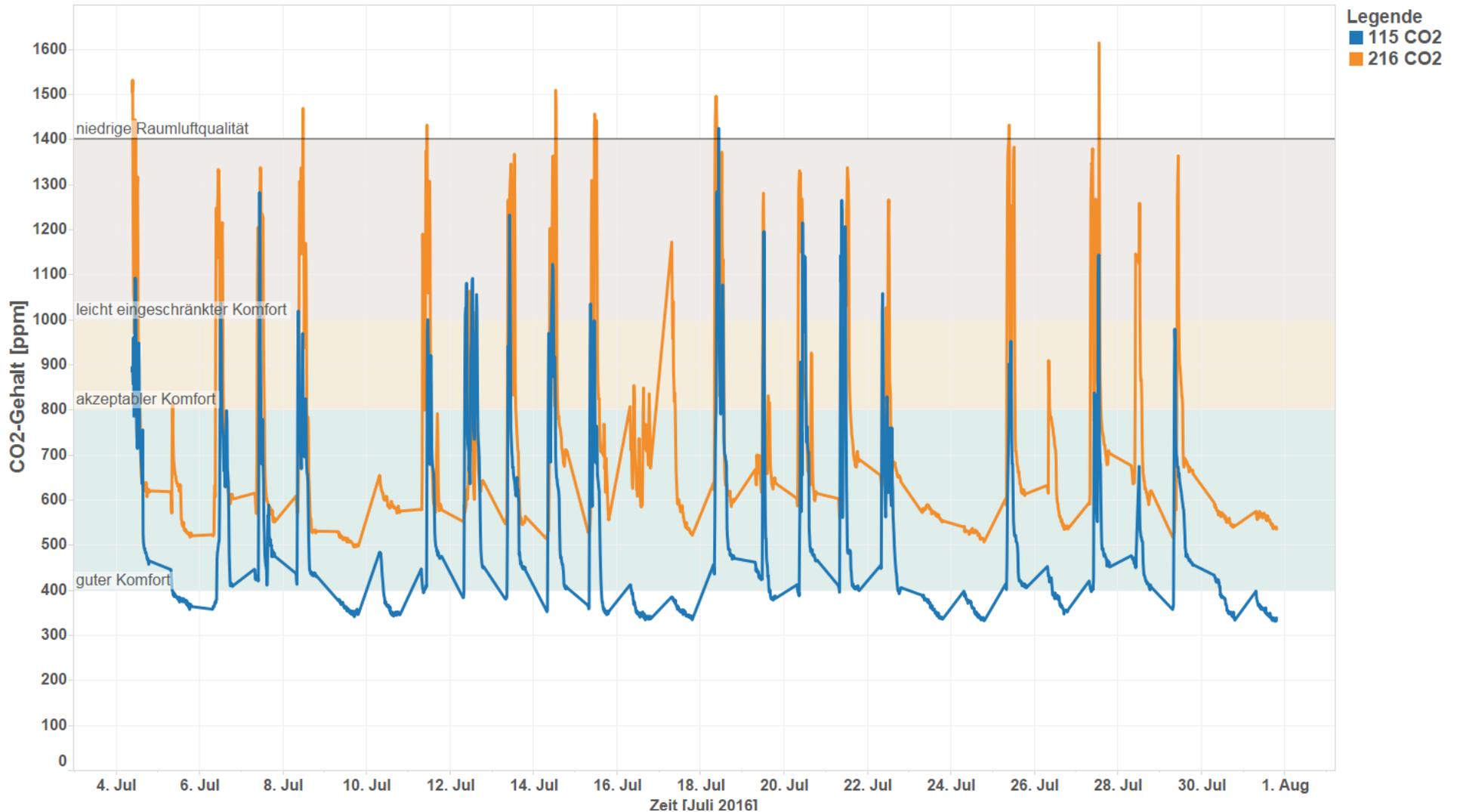
Raumkomfort Sommer

Raumtemperatur zur Außentemperatur

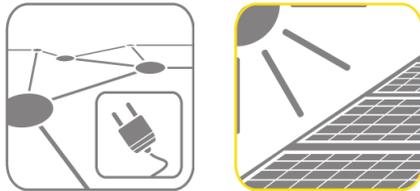


Zeitraum: Juli und September / Schulzeit 7.00 – 17.00 Uhr

Raumkomfort Sommer CO₂-Gehalt



Zeitraum: Juli / Schulzeit 7.00 – 17.00 Uhr



Strombilanz

STROMERZEUGUNG



PV-Anlage 216 kWp
 Schuldach



PV-Anlage 75 kWp
 Turnhallendach

VERTEILUNG UND SPEICHERUNG



Wechselrichter



Wechselrichter

**Batterie-
Management**

Beladen ↓ ↑ Entladen



**Batterie-
Wechselrichter**



**VRF-Batterie
130 kWh**

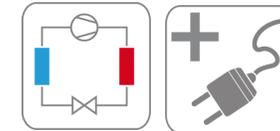
ELEKTRISCHE VERBRAUCHER



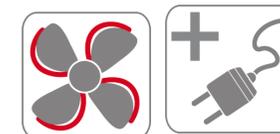
Beleuchtung
 Schule und Turnhalle



Nutzerstrom
 Schule und Turnhalle



**Wärmepumpen,
Umwälzpumpen und
Regelung**



**Lüftungsanlagen
und Regelung**

PV-Einspeisung ←

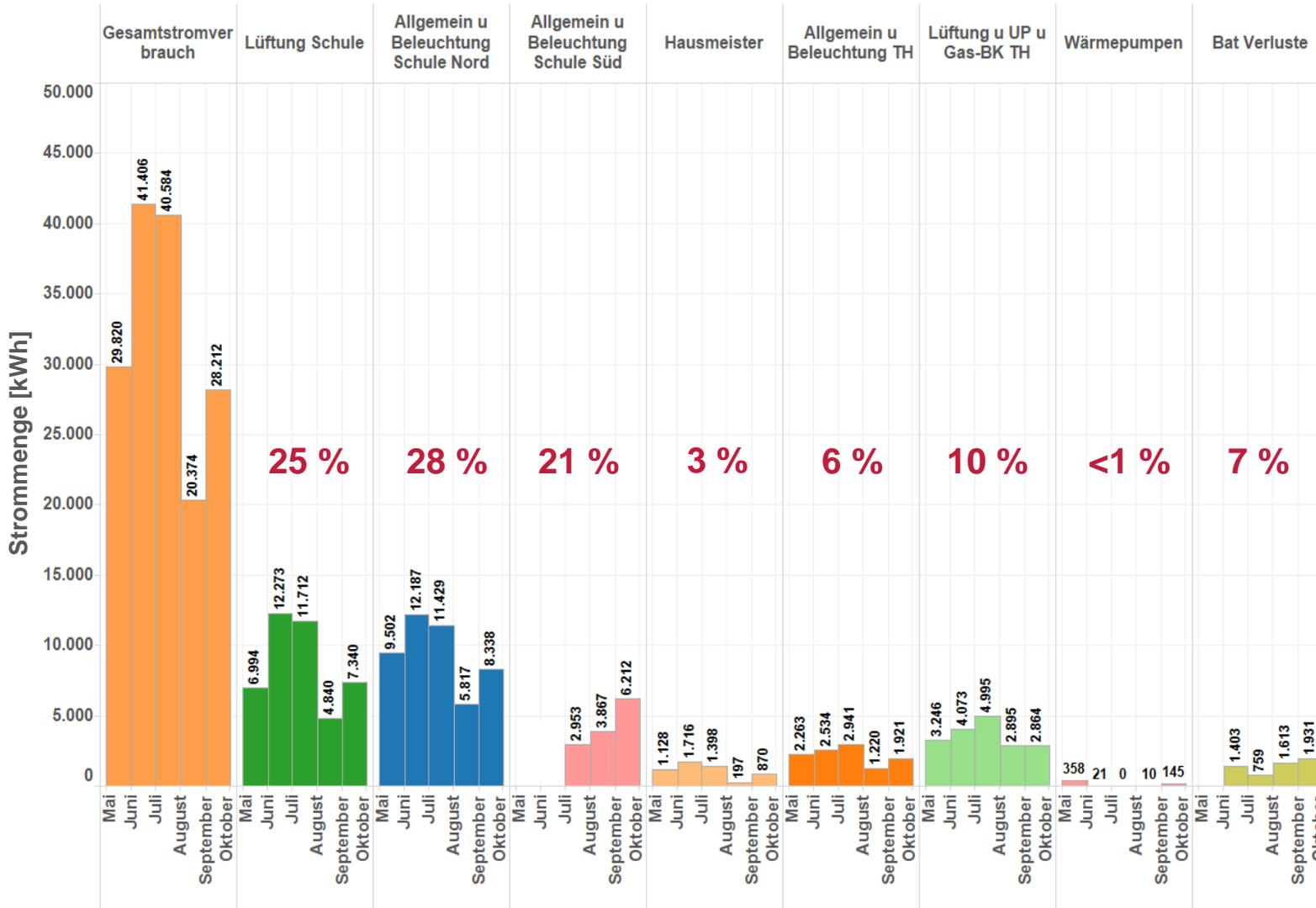
→ Netz-Strombezug



Öffentliches Stromnetz
 Stadtwerke Neumarkt

Gesamtstromverbrauch Sommerfall Anteil der einzelnen Verbraucher

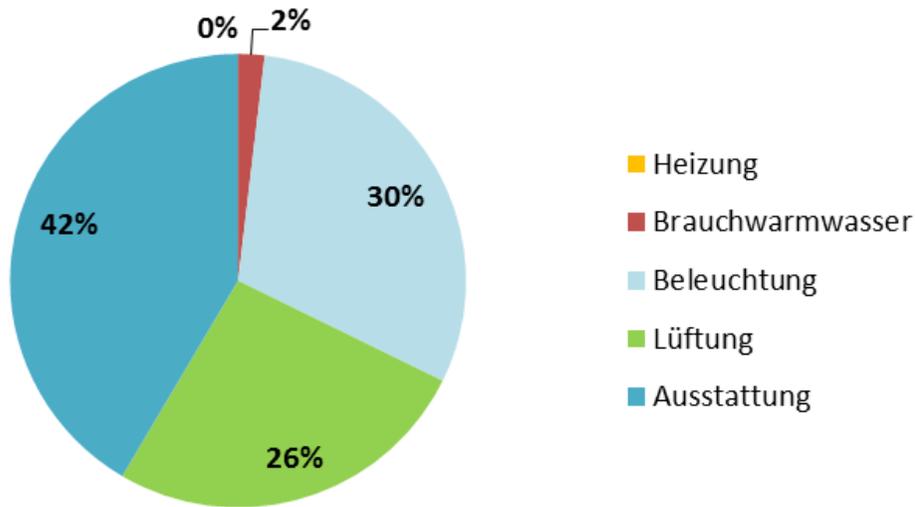
Strom Gr V2



Allgemein und Beleuchtung: 55 %
HLS-Anlagen: 38 %
VRF-Verluste: 7 %

Zeitraum: Mai bis September

Stromverbrauch Sommerfall Vergleich Planung und IST-Zustand

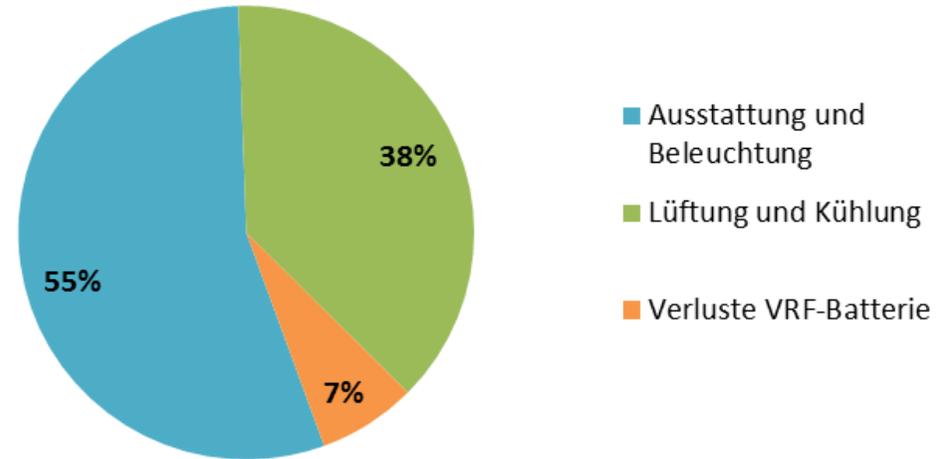


EnEV-Nachweis (Planung)

Allgemein und Beleuchtung: 72 %

HLS-Anlagen: 28 %

VRF-Verluste: 0 %



IST-Zustand

Allgemein und Beleuchtung: 55 %

HLS-Anlagen: 38 %

VRF-Verluste: 7 %

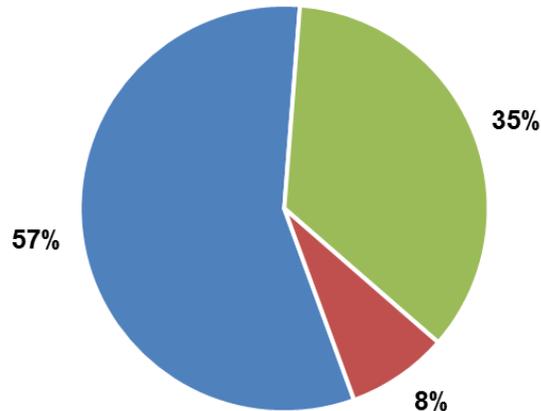
Zeitraum: April bis September

Eigenstrom- und Deckungsanteile PV-Eigennutzungs- / PV-Deckungsanteil

Zeitraum: 01. Juli bis 27. September

Summe PV-Ertrag: 78.877 kWh

- Anteil PV-Netzeinspeisung an Ertrag
- Anteil PV-Direktnutzung an Ertrag
- Anteil Batterie-Ladung (AC) an Ertrag

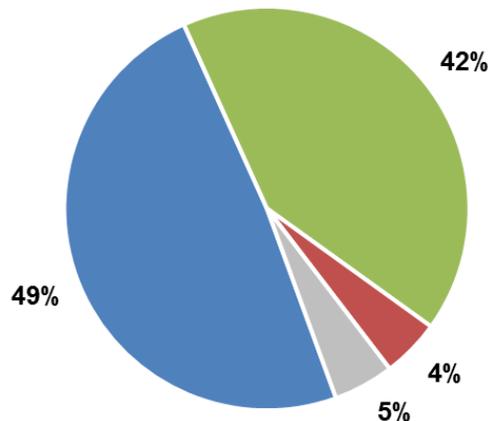


PV-Eigennutzungsanteil: 43 %

Anteil PV-Netzeinspeisung: 57 %

Summe Stromverbrauch: 66.728 kWh

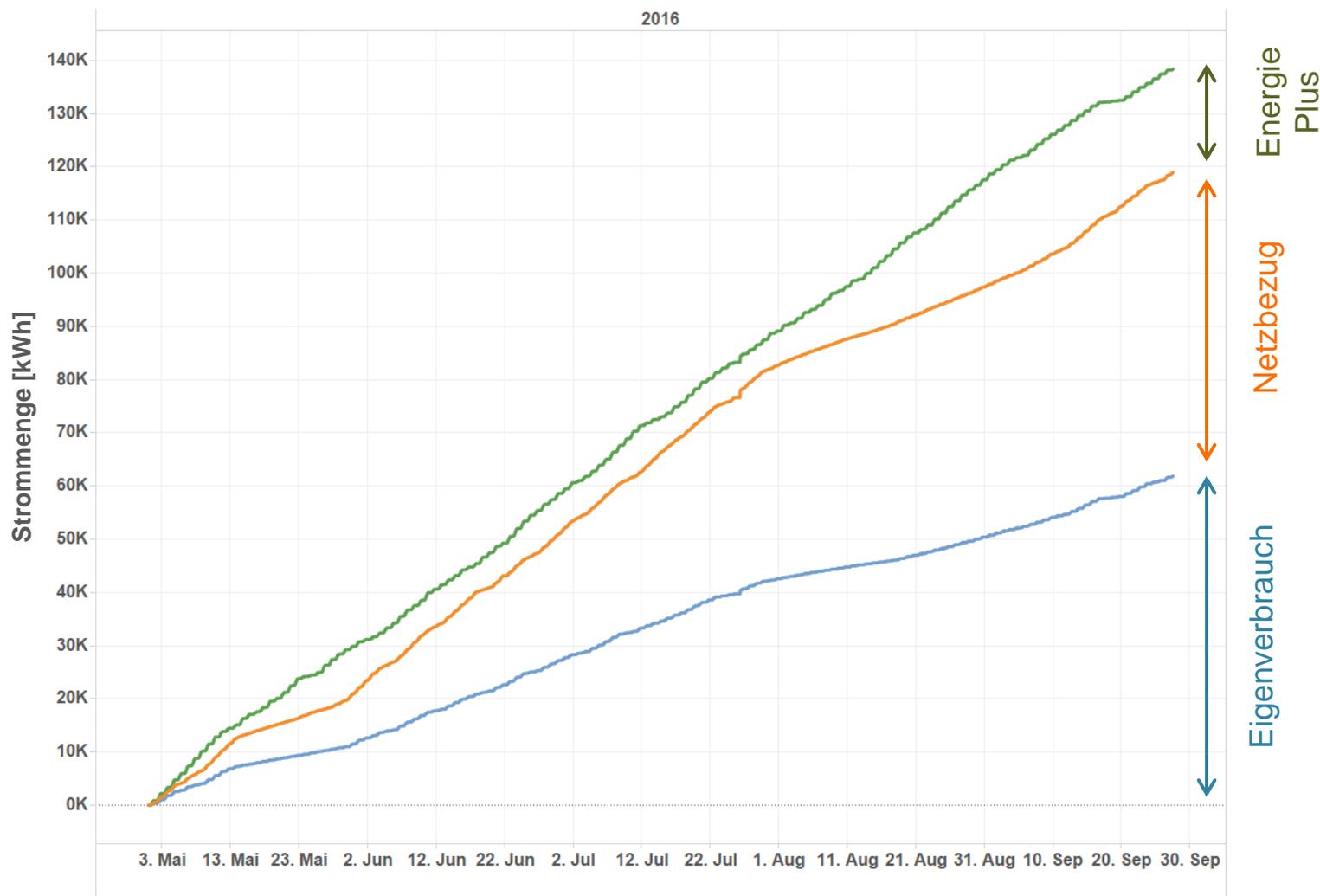
- Anteil Netzstrombezug am Verbrauch
- Anteil PV-Direktnutzung am Verbrauch
- Anteil Batterie-Entladung am Verbrauch
- Verluste VRF-Batterie (AC/DC)



PV-Deckungsanteil: 51 %

Anteil Netzstrombezug: 49 %

EnergiePLUS Bilanz PV-Produktion und Eigenstromnutzung



- Legende
- Gesamtstromverbrauch kumuliert
 - PV-Ertrag kumuliert
 - PV-Eigenstromnutzung kumuliert

Zeitraum: 03.05.2016 bis 27.09.2016



VRF-Batterie

VRF-Batterie Beladung / Entladung und Wirkungsgrad

AC-Seite

Energie AC IN
25.473 kWh

Beladen
→

←
Entladen

Energie AC OUT
13.420 kWh

Wirkungsgrad (AC): 53 %

Verluste WR
Beladen: 5 %



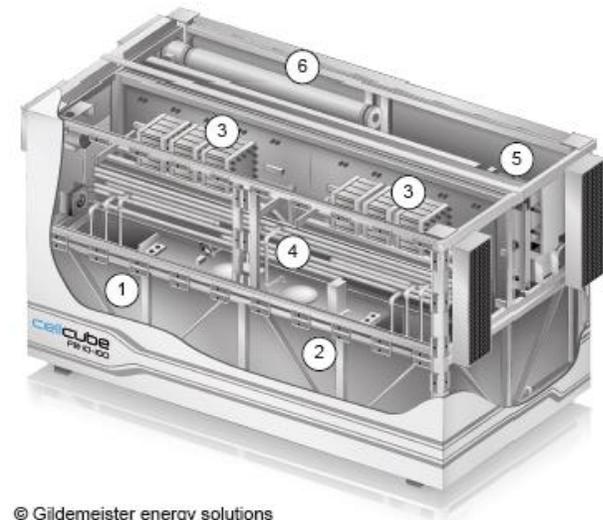
**Batterie-
Wechselrichter**

Verluste WR
Entladen +
Aggregate: 14 %

DC-Seite

Energie DC IN
24.102 kWh

Energie DC OUT
15.546 kWh



© Gildemeister energy solutions

VRF-Batterie (CellCube)
130 kWh

Interne Verluste CellCube: 35 %

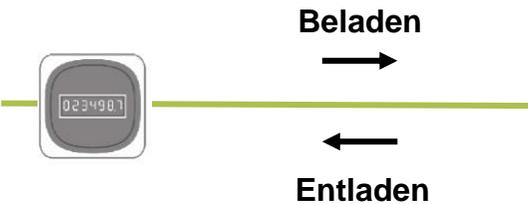
Zeitraum: 11.11.2015 bis 04.10.2016

VRF-Batterie

Beladung / Entladung und Wirkungsgrad

AC-Seite

Energie AC IN
14.263 kWh



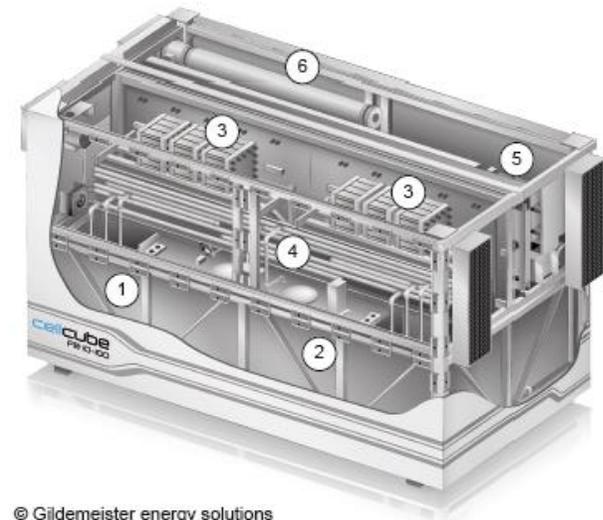
Energie AC OUT
6.619 kWh

Wirkungsgrad (AC): 46 %

DC-Seite



Batterie-
Wechselrichter

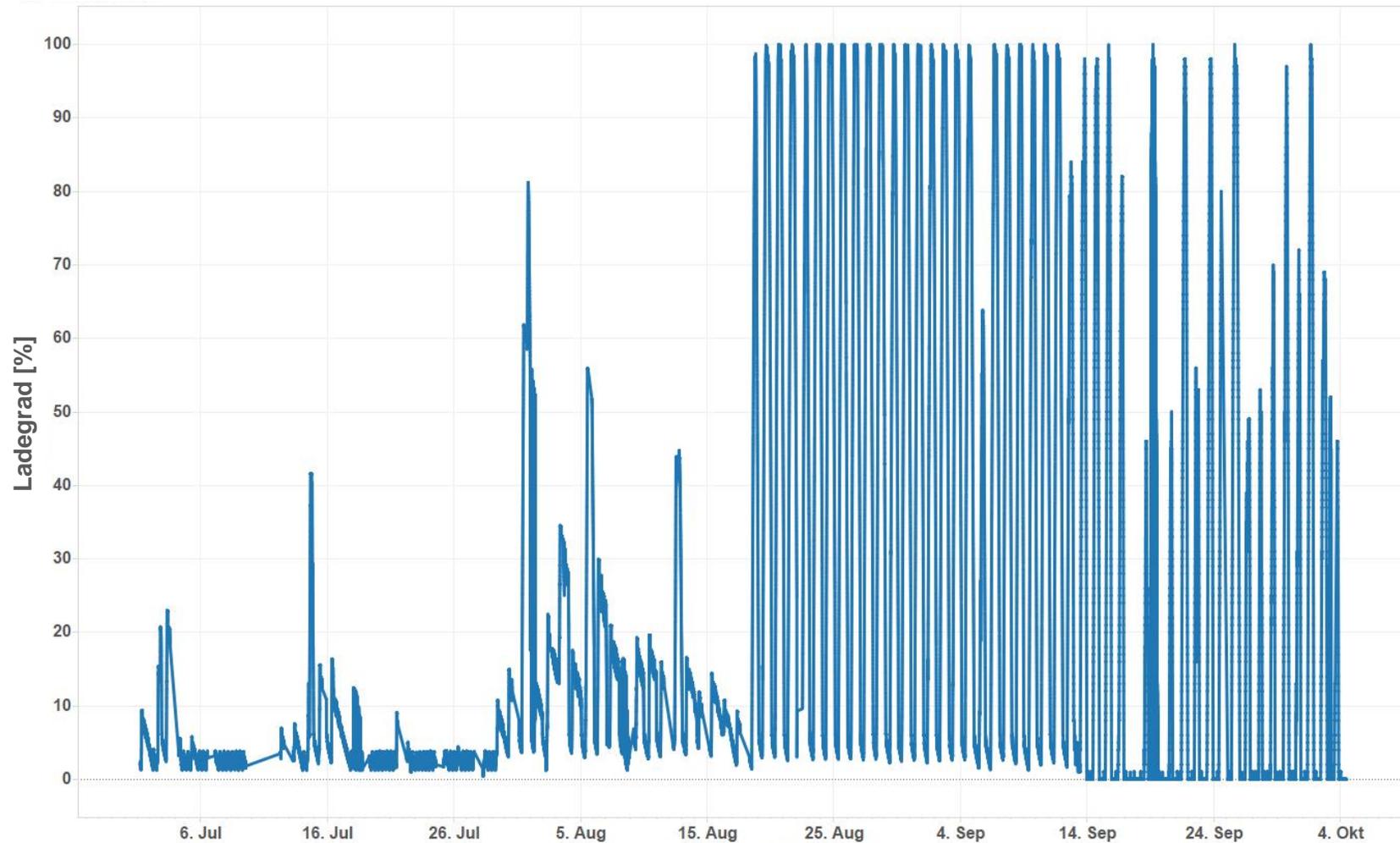


© Gildemeister energy solutions

VRF-Batterie (CellCube)
130 kWh

Zeitraum: 11.11.2015 bis 27.09.2016

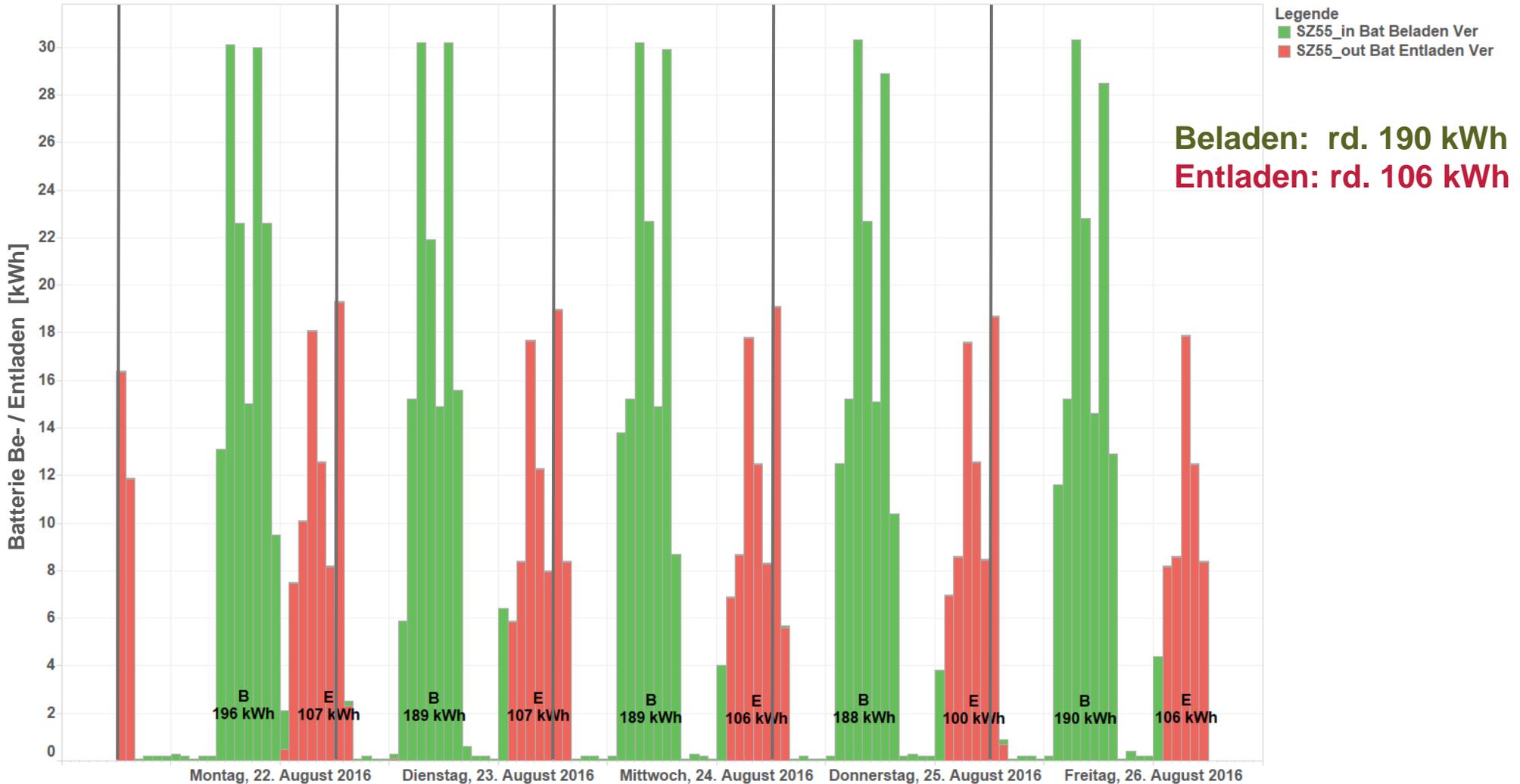
VRF-Batterie Ladegrad



Zeitraum: 01.06.2016 bis 04.10.2016

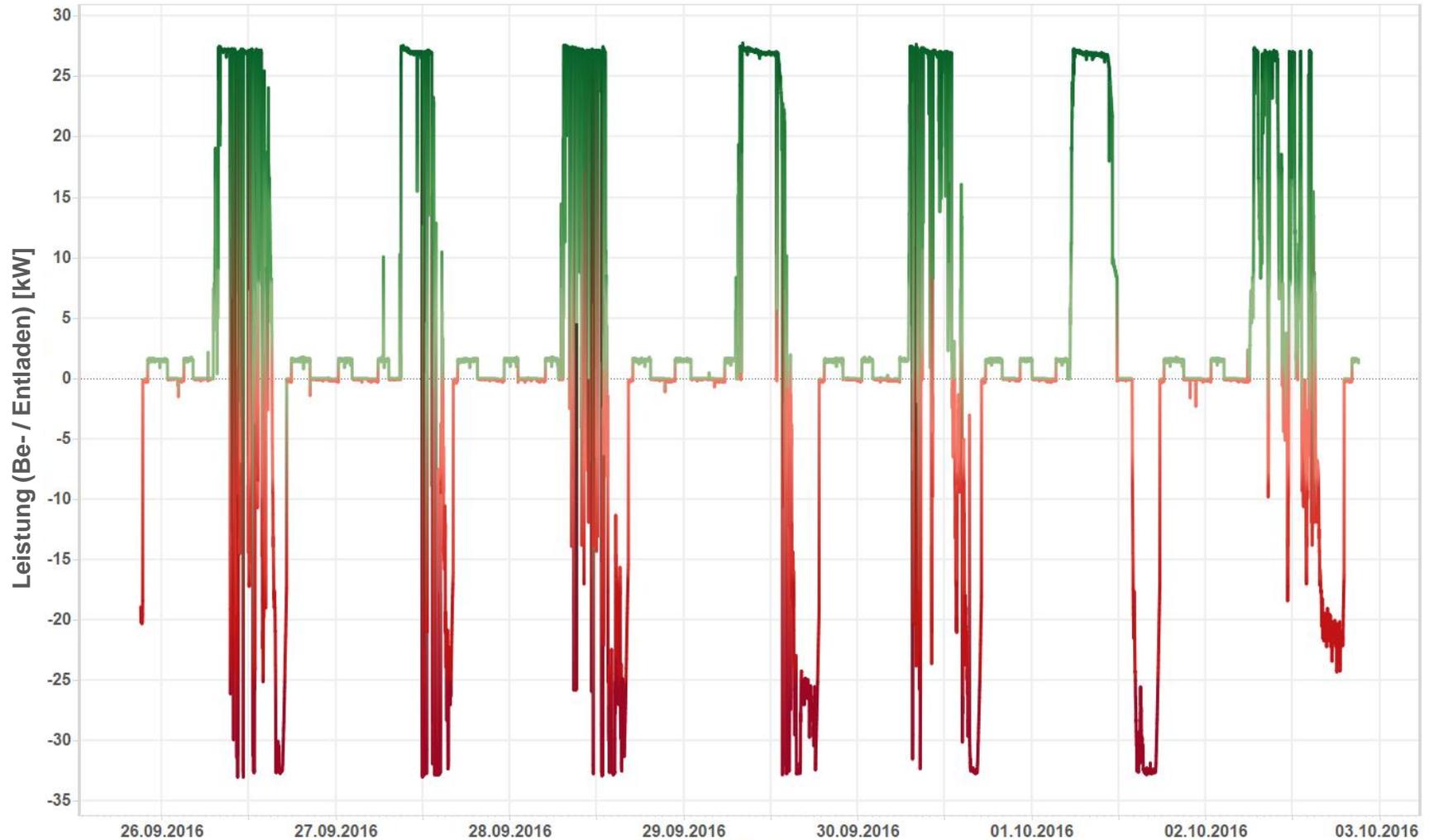
VRF-Batterie Beladung und Entladung

VRF-Bat Be- / Entladung



VRF-Batterie Erhaltungsladung

VRF-Bat Power



VRF-Batterie Erhaltungsladung

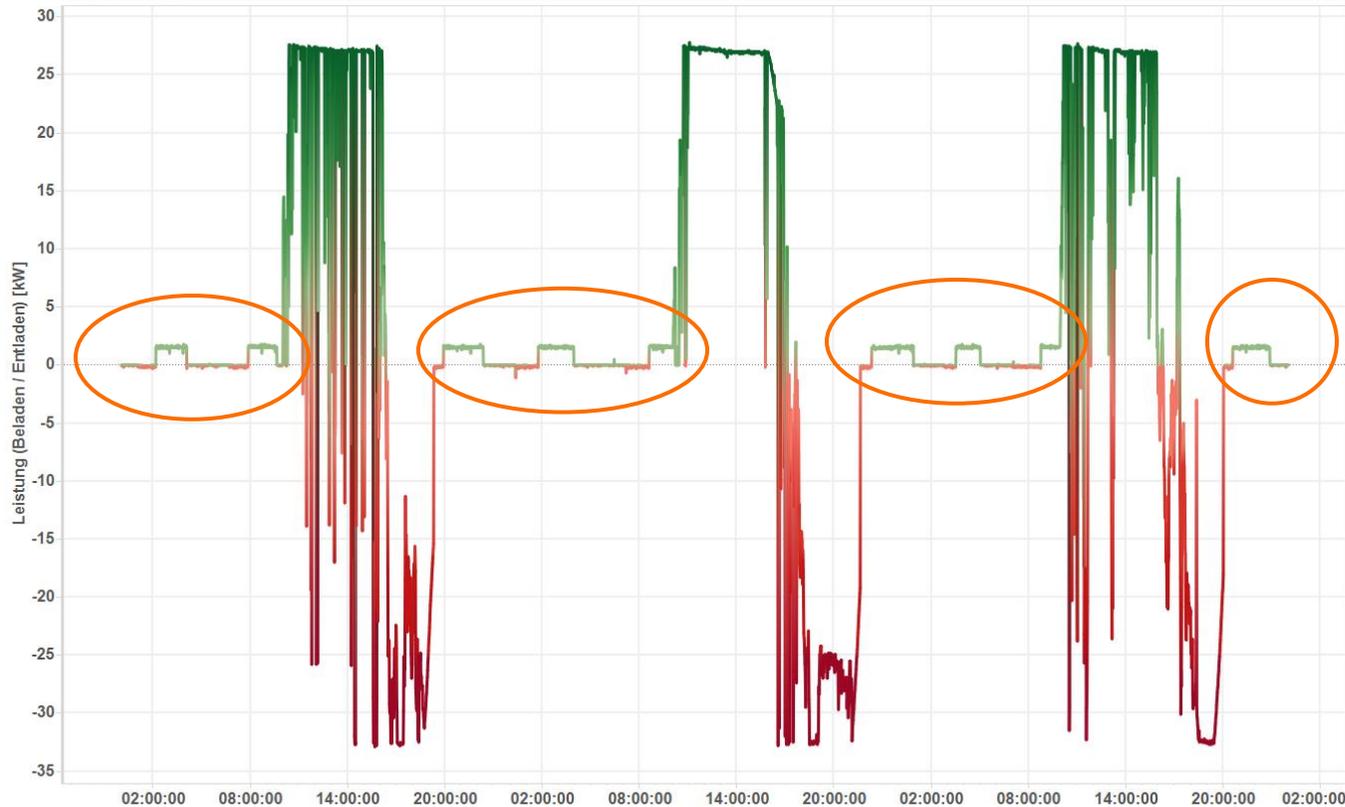
**Erhaltungsladung nachts
rund 1,5 kW aus dem
öffentlichen Stromnetz**

**Betrachtung 29.09.16
(2,5h + 2,25h + 1,5h) * 1,5 kW
= 9,38 kWh**

**aufs Jahr gesehen rd. 3.500 kWh
nur für die Erhaltungsladung!**

**rund 10 % der nutzbaren
Kapazität von 104 kWh geht jede
Nacht verloren.**

VRF-Bat Power Tag

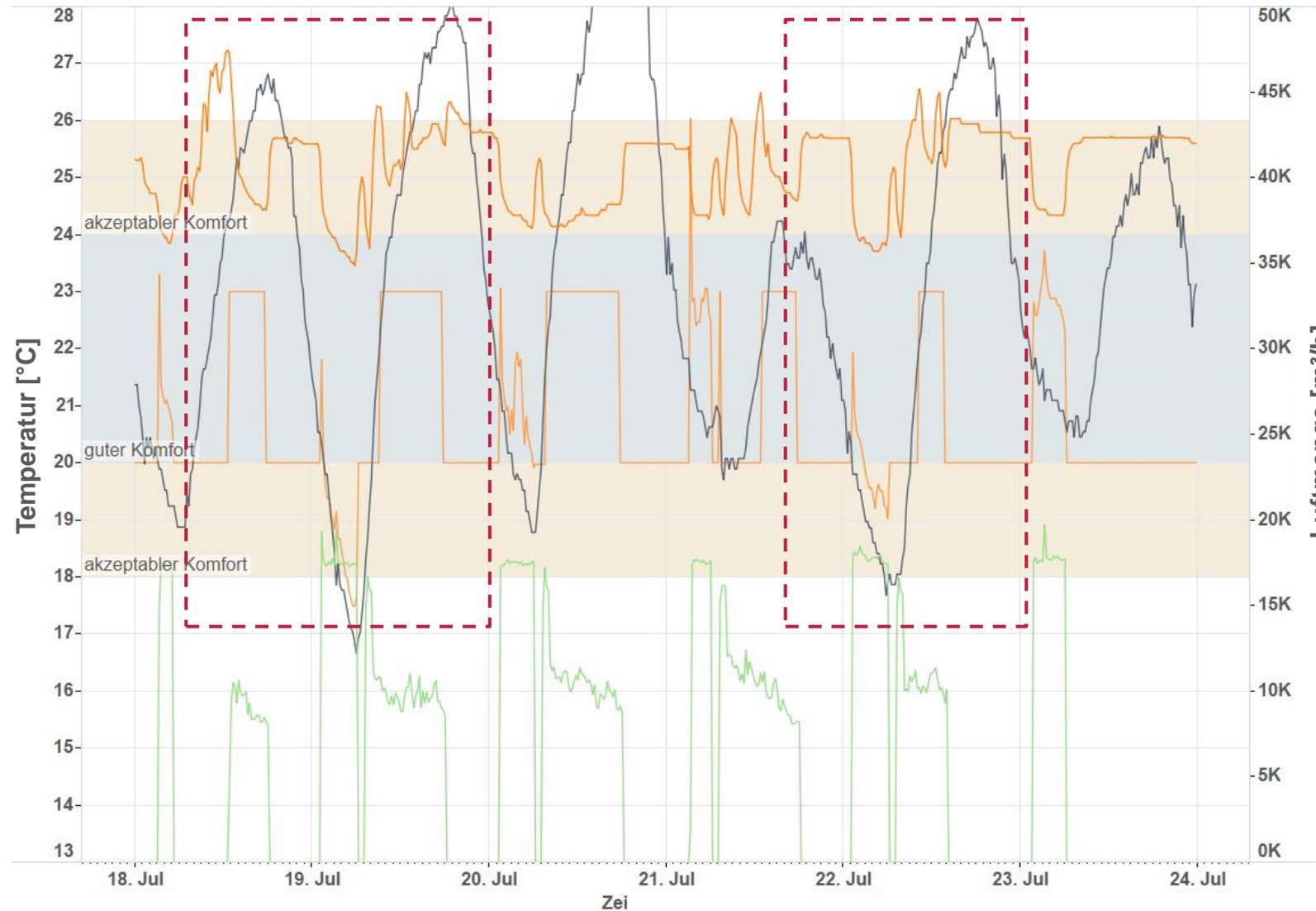


Zeitraum: 28.09.2016 bis 30.09.2016



Betrieboptimierungen

Raumkomfort Sommer Adiabate Kühlung und Nachtlüftung



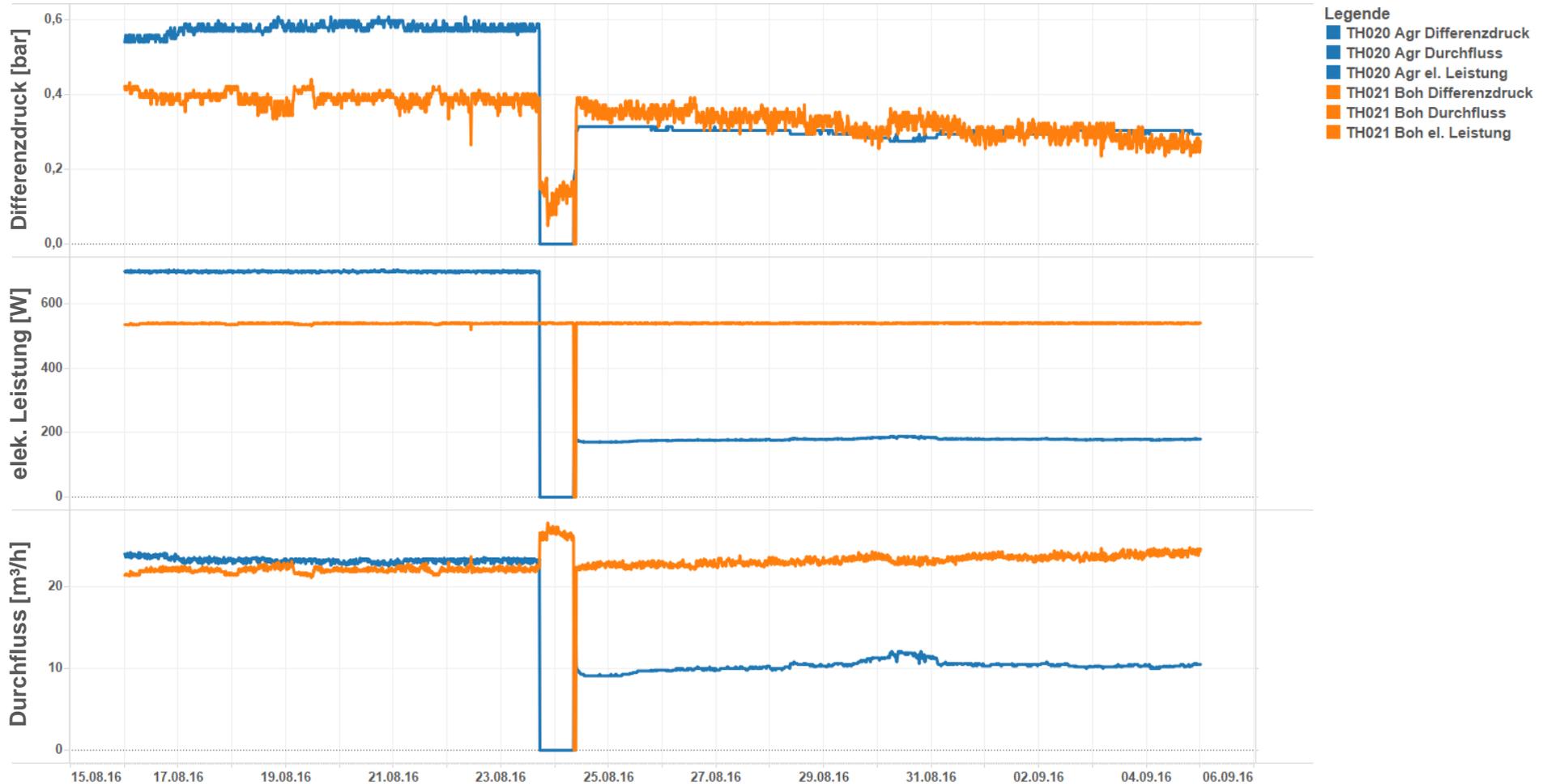
- Legende
- 230 T
 - Tamb (Aussentemperatur)
 - L001 ZUL Luftmenge
 - L001 ZUL Temp

Zulufttemperatur
Sommer: 23 °C

Freigabe Adiabate Kühlung:
Tamb > Sollwert
Zulufttemperatur
Sommer +3 (26 °C).

Abschaltung Nachtlüftung:
Raumtemperatur
<= Sollwert
(Soll-Temp. 24 °C)

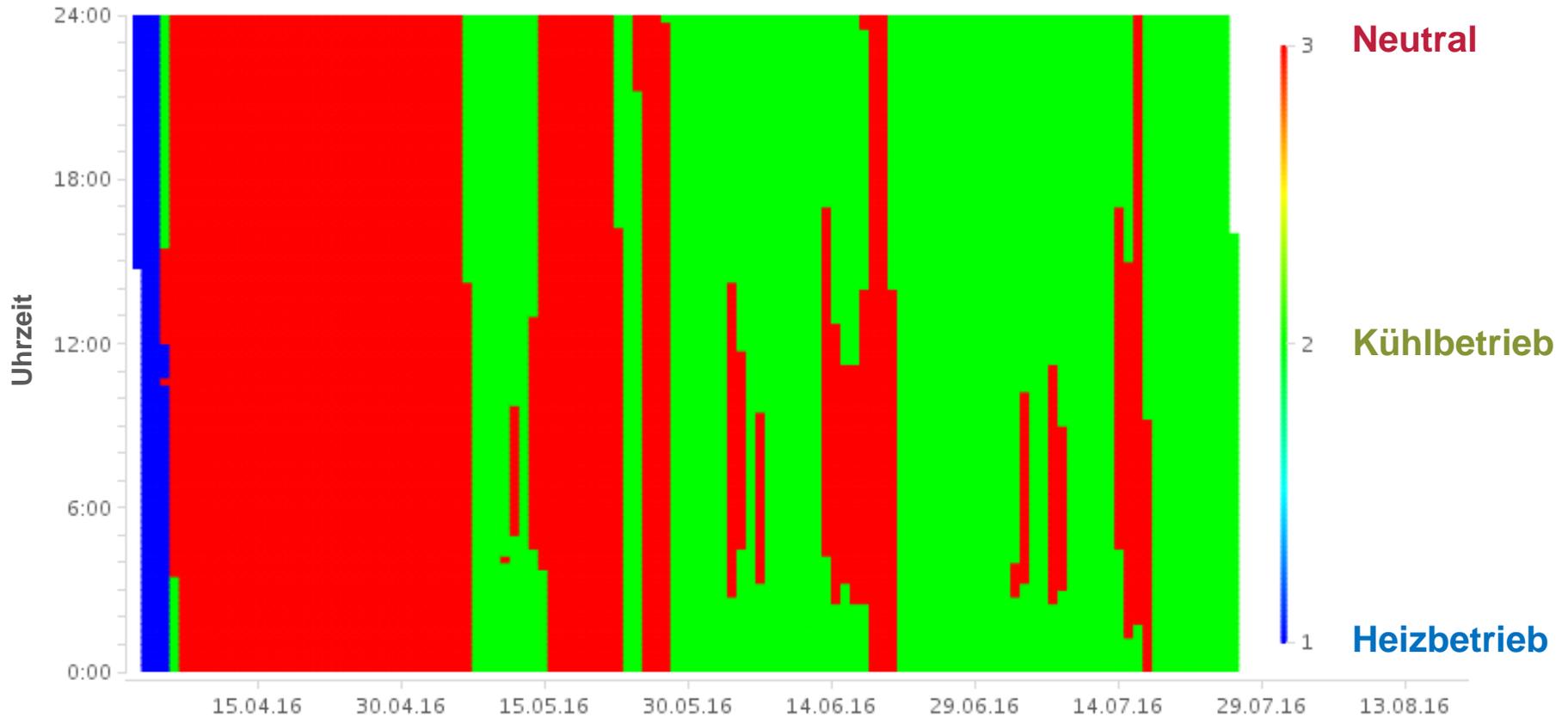
Umwälzpumpen Agrothermie u. Bohrpfähle Durchfluss und elektrische Leistung



UP Bohrpfähle Förderstrom:
geplant 15 m³/h -> derzeit rund 22 m³/h

UP Agrothermie Förderstrom:
geplant 7 m³/h -> derzeit rund 9,5 m³/h
(zwischenzeitlich rund 23 m³/h)

Umwälzpumpen Agrothermie u. Bohrpfähle Betriebszustände

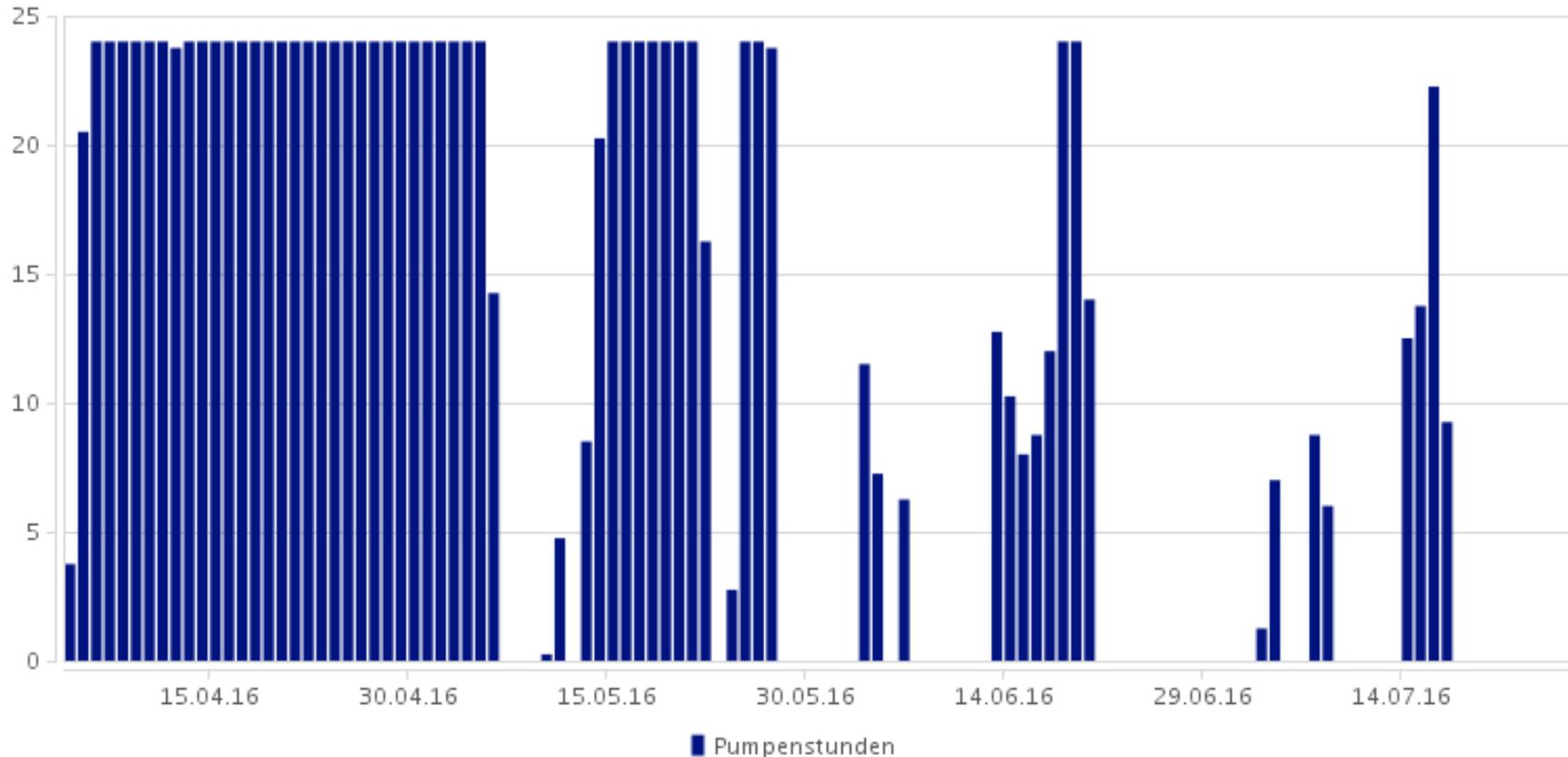


Leistungsaufnahmen Umwälzpumpen:

Agrothermie rd. 700 W (bis August) / 180 W (derzeit)

Bohrpfähle: rd. 540 W

Umwälzpumpen Agrothermie u. Bohrpfähle Betriebszustände



Betriebszustand Neutral an rd. 53 Tagen (1.272 h) im Zeitraum April bis Juli 2016

Einsparung Pumpenstrom:

Agrothermie	229 kWh (mit rd. 180 W)	-> rd. 50 €*
Bohrpfähle:	687 kWh (mit rd. 540 W)	-> rd. 145 €*

* Stromkosten 21 €/kWh

- **Raumkomfort**
 - guter bis akzeptabler Raumkomfort (Raumtemperaturen allgemein zu hoch)
 - CO₂-Gehalt hohe bis mittlere Raumluftqualität, zeitweise mäßige Raumluftqualität
- **Betriebsoptimierung**
 - Hohe Verluste und geringer Wirkungsgrad der VRF-Batterie
 - Abweichungen der Einstellungen an der GLT zwischen Planung und Ausführung
 - bessere Ausnutzung der Nachtlüftung und adiabaten Abluftkühlung
- **Transparenz und Akzeptanz der Gebäudeperformance**
 - Visualisierung der aufgezeichneten Betriebsdaten, der Energieperformance und des Innenraumkomforts im Schulgebäude – für Schüler, Lehrer, Betreiber und Bauherr
 - Workshops für den Schulunterricht (Schulseminar Physik)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit