Umsetzungsbegleitung Markt Holzkirchen

Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch

1. **Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule**
2. Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning
3. Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement
4. Zusammenfassung

1. **Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule**
   a) **Motivation und Grundlagen**
   b) Ist-Zustand
   c) Variantenvergleich (Bsp. Sporthalle Hauptschule)
   d) Zusammenfassung und Fazit
2. Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning
3. Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement
4. Zusammenfassung

Motivation und Grundlagen

- Für die Batusa-Halle und die Sporthalle der Hauptschule wurde jeweils eine neue Beleuchtungslösung erarbeitet
- Beleuchtungsdaten wurden bei einer Vor-Ort-Begehung aufgenommen
- Es wurden drei Varianten erstellt:
  - Variante 1: LED-Retrofit-Leuchtmittel
  - Variante 2: LED-Leuchten
  - Variante 3: Batusa-Halle: Kombination LED-Leuchten (Sporthalle) und Retrofit-Leuchtmittel
- Exemplarische Räume wurden softwaregestützt simuliert
- Beleuchtung aller weiteren Räume wurde mithilfe spezifischer Kennwerte ausgelegt
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Investitionskostenprognose, Fördermittel, Einsparmöglichkeiten Stromverbrauch/-kosten und CO_2)

Lampe = Leuchtmittel

- Quelle zur Erzeugung optischer Strahlung

Quelle: www.mueller-licht.de bzw. www.lighting.philips.de

Leuchte

- Gerät zur Aufnahme der Leuchtmittel
- Verteilt, filtert und wandelt das erzeugte Licht
- Dient zur Befestigung und zum Schutz der Leuchtmittel
- Enthält die Anschlussverdrahtung, Vorschaltgeräte, …

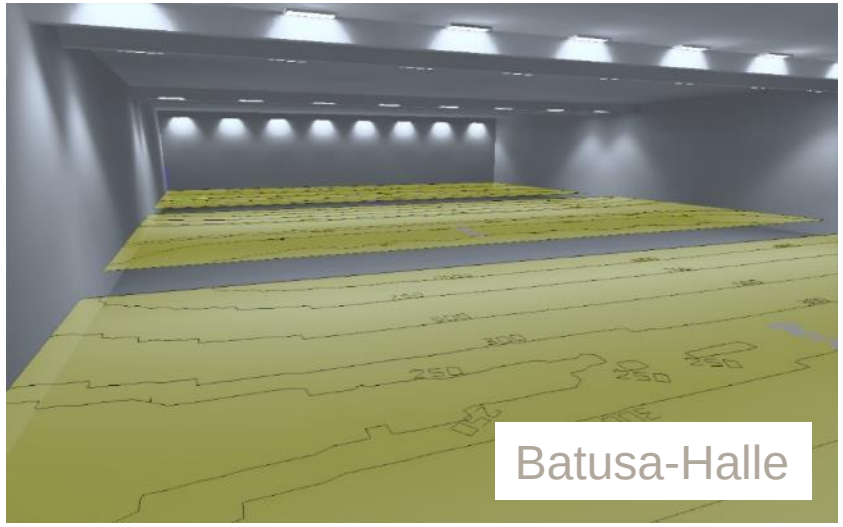
Quelle: www.siteco.de

Quelle: www.osram.de

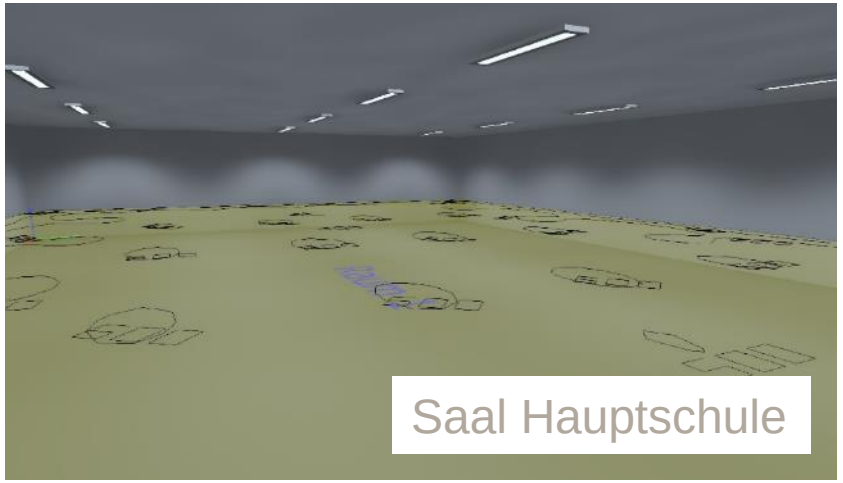
Motivation und Grundlagen
Simulation LED-Leuchten

- Softwaregestützte Simulation der Sporthalle, dem Saal der Hauptschule sowie der Batusa-Halle

- Auslegung der LED-Beleuchtung in den weiteren Räumen anhand spezifischer Kennwerte



Quelle: DIALux evo



Quelle: DIALux evo

1. **Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule**
   a) Motivation und Grundlagen
   b) Ist-Zustand
   c) Variantenvergleich (Bsp. Sporthalle Hauptschule)
   d) Zusammenfassung und Fazit
2. Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning
3. Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement
4. Zusammenfassung

Ist-Zustand „**Batusa-Halle**“

- Anzahl der Leuchten: 220
- Leuchtmittel: 251
- Gesamte installierte Leistung:
  - Rund **28,2 kW**
- Stromverbrauch:
  - Sporthalle: 19,7 kW x 1.600 h/a ≈ 31.520 kWh/a
  - Flure: 1,2 kW x 1800 h/a ≈ 2.160 kWh/a
  - Umkleiden: 1,6 kW x 600 h/a ≈ 960 kWh/a
  - Nebenräume: 5,4 kW x 250 h/a ≈ 1.350 kWh/a
  - WC: 0,3 kW x 100 h/a ≈ 30 kWh/a
  - **Gesamtstromverbrauch pro Jahr: 36.000 kWh/a**
- Stromkosten der Beleuchtung:
  - 36.000 kWh/a x 0,20 €/kWh ≈ **7.200 €/a**
- CO_2-Ausstoß der Beleuchtung:
  - 36.000 kWh/a x 558 g/kWh ≈ **20 t/a**

Tabelle 1: Ist-Zustand Leuchtmittel Batusa-Halle

Art des Leuchtmittels	Anzahl	Leistung
[-]	[-]	[W]
Leuchtstoffröhre	**101**	**4.970**
Kompaktleuchtstofflampe	**96**	**3.460**
Glühbirne	**0**	**0**
Halogen	**0**	**0**
LED	**0**	**0**
HQI	**54**	**19.740** ← Sporthalle
Gesamt	**251**	**28.170**

Ist-Zustand **„Sporthalle Hauptschule“**

- Anzahl der Leuchten: 103
- Leuchtmittel: 170
- Gesamte installierte Leistung:
  - Rund **7,1 kW**
- Stromverbrauch:
  - Sporthalle: 4,5 kW x 1.200 h/a ≈ 5.300 kWh/a
  - Flure: 0,44 kW x 650 h/a ≈ 300 kWh/a
  - Umkleiden: 1 kW x 400 h/a ≈ 400 kWh/a
  - Nebenräume: 0,6 kW x 250 h/a ≈ 150 kWh/a
  - WC: 0,5 kW x 100 h/a ≈ 50 kWh/a
  - **Gesamtstromverbrauch pro Jahr: 6.200 kWh/a**
- Stromkosten der Beleuchtung:
  - 6.200 kWh/a x 0,20 €/kWh ≈ **1.240 €/a**
- CO_2-Ausstoß der Beleuchtung:
  - 6.200 kWh/a x 558 g/kWh ≈ **3,4 t/a**

Tabelle 2: Ist-Zustand Leuchtmittel Sporthalle Hauptschule

Art des Leuchtmittels	Anzahl	Leistung
[-]	[-]	[W]
Leuchtstoffröhre	**94**	**5.400**
Kompaktleuchtstofflampe	**76**	**1.500**
Glühbirne	**2**	**150**
Halogen	**0**	**0**
LED	**0**	**0**
HQI	**0**	**0**
Gesamt	**170**	**7.050**

1. **Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule**
   a) Motivation und Grundlagen
   b) Ist-Zustand
   c) Variantenvergleich (Bsp. Sporthalle Hauptschule)
   d) Zusammenfassung und Fazit
2. Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning
3. Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement
4. Zusammenfassung

Grundlagen

- Alle Preisangaben sind durchschnittliche Netto-Marktpreise
  - Diese beruhen nicht auf konkreten Angeboten
- Für die Berechnungen wurden verschiedene Benutzungsstunden pro Jahr zugrunde gelegt
  → Ermittlung der Benutzungsstunden über die Belegungspläne der Hallen bzw. nach VDI 3807

	Sporthalle	Flure	Umkleiden	Nebenräume	WC
BATUSA-Halle	1600 h/a	1800 h/a	600 h/a	250 h/a	100 h/a
Hauptschule	1200 h/a	650 h/a	400 h/a	250 h/a	100 h/a

- Strompreis:
  - BATUSA-Halle **20,0 Cent/kWh** *(netto, ohne Fixkosten)*
  - Sporthalle Hauptschule **20,0 Cent/kWh** *(netto, ohne Fixkosten)*
  - *Quelle: Stromabrechnung Batusa-Halle 2019 / Hauptschule 2020*
- Auslegung der Beleuchtung anhand Beleuchtungssimulation in exemplarischen Räumen
  - Software: DiaLux evo
  - Zugrunde gelegte Normen für die Ermittlung der Beleuchtungsstärken:
    - DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten“
    - DIN EN 12193 „Sportstättenbeleuchtung“

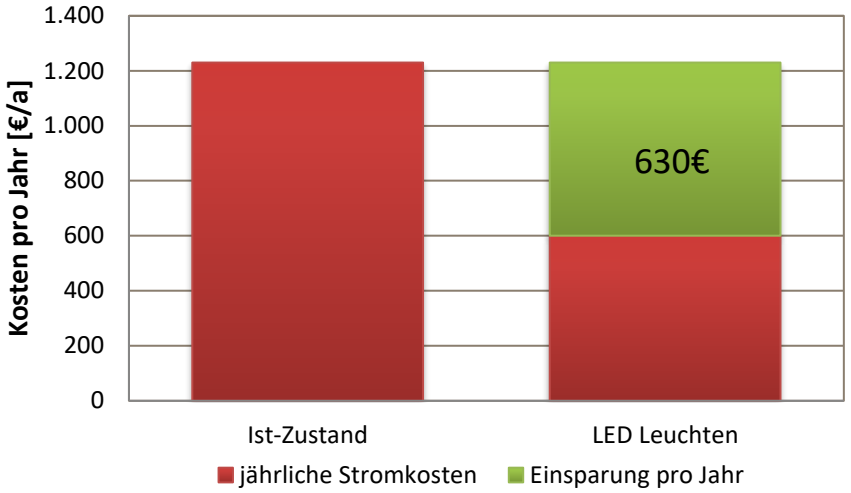
LED-Retrofit **„Sporthalle Hauptschule“** Wirtschaftlichkeits- und CO_2-Betrachtung

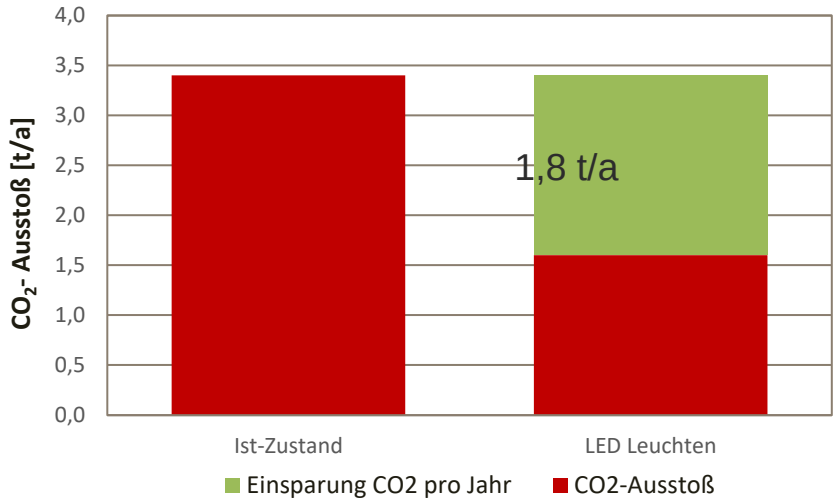
- Investitionskosten LED-Retrofit: ≈ 2.400 €

- Einsparung ca. 53%
  - Stromeinsparung: ≈ 3.200 kWh/a
  - Kosteneinsparung ≈ 630 €/a
  - CO_2-Einsparung: ≈ 1,9 t/a

➢ Statische Amortisationszeit: ≈ 5 Jahre
  ➢ Keine Inanspruchnahme von Fördermittel möglich

Berechnungen Batusa-Halle analog





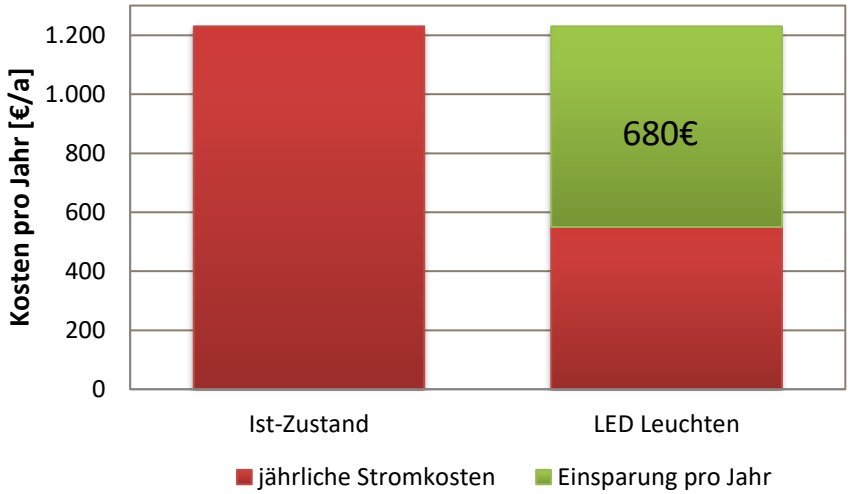
LED-Leuchten **„Sporthalle Hauptschule“** Wirtschaftlichkeits- und CO_2-Betrachtung

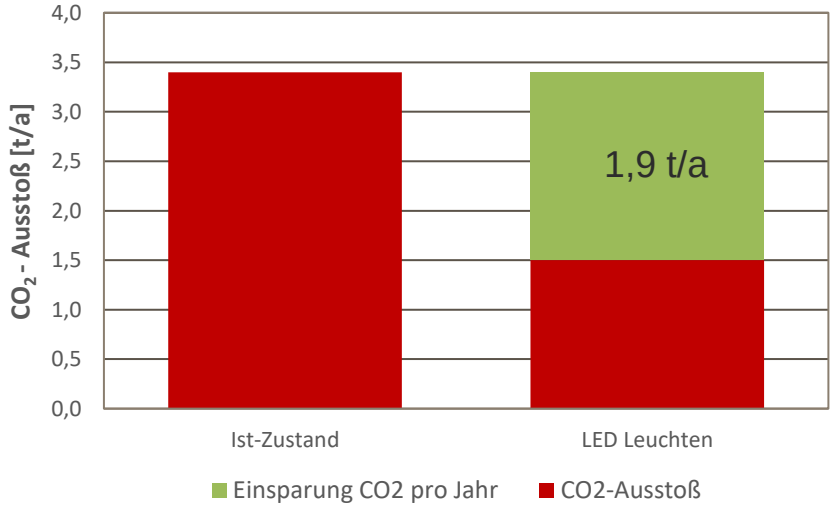
- Investitionskosten LED-Leuchten: ≈ 20.000 €

- Einsparung ca. 55%
  - Stromeinsparung: ≈ 3.500 kWh/a
  - Kosteneinsparung: ≈ 680 €/a
  - CO_2-Einsparung: ≈ 1,9 t/a

➢ Statische Amortisationszeiten:
  - ➢ Ohne Inanspruchnahme von Fördermittel: > 30 Jahre
  - ➢ Mit Beantragung von Fördermittel bis Ende 2021: ≈ 20 Jahre
  - ➢ Mit Beantragung von Fördermittel im Jahr 2022: ≈ 22 Jahre

Berechnungen Batusa-Halle analog





1. **Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule**
   a) Motivation und Grundlagen
   b) Ist-Zustand
   c) Variantenvergleich (Bsp. Sporthalle Hauptschule)
   d) Zusammenfassung und Fazit
2. Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning
3. Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement
4. Zusammenfassung

Zusammenfassung und Fazit
Tabellarische Übersicht der Ergebnisse

Sporthalle Hauptschule		Ist-Zustand	LED-Retrofit	LED-Leuchten
Leistung gesamt	[W]	7.050	3.700	2.800
Stromverbrauch	[kWh/a]	6.200	3.000	2.700
Stromkosten	[€/a]	1.240	610	560
CO2-Ausstoß	[t/a]	3,4	1,6	1,5
Investitionskosten	[€]	-	**2.400**	**19.500**
Förderung	[€]	-	-	**7.800**[2)]
Amortisationszeit	[a]	-	**5**	**20**[2)]

Batusa-Halle		Ist-Zustand	LED-Retrofit[1)]	LED-Leuchten	Kombination Leuchten u. Retrofit
Leistung gesamt	[W]	28.200	24.200	9.500	11.500
Stromverbrauch	[kWh/a]	36.000	33.800	12.400	13.500
Stromkosten	[€/a]	7.200	6.800	2.500	2.700
CO2-Ausstoß	[t/a]	20	19	7	8
Investitionskosten	[€]	-	**2.700**	**50.000**	**28.000**
Förderung	[€]	-	-	**20.000**[2)]	**11.200**[2)]
Amortisationszeit	[a]	-	**7**	**7**[2)]	**4**[2)]

[1)] Für die HQI-Leuchtmittel in der Sporthalle gibt es keine LED-Retrofit
[2)] Beantragung von Fördermittel bis Ende 2021

Zusammenfassung und Fazit

- **Fazit Sporthalle Hauptschule:**
  - Auch unter Berücksichtigung der Fördermittel ergibt sich eine lange Amortisationszeit beim Tausch der kompletten Beleuchtung gegen LED-Leuchten → **ca. 20 Jahre**
  - Die Amortisationszeit beim Tausch gegen Retrofit-Leuchtmittel ist mit ca. **5 Jahren** deutlich kürzer
  - Beim Tausch gegen Retrofit-Leuchtmittel kann der Stromverbrauch und der CO_2-Ausstoß um **53%** verringert werden
- **Fazit Batusa-Halle:**
  - Da es für die HQI-Leuchtmittel in der Halle keine passenden LED-Retrofit Leuchtmittel gibt, ist hier ein Tausch der Beleuchtung gegen LED-Leuchten zu empfehlen. Die weiteren Bereiche können kostengünstig gegen Retrofit-Leuchtmittel getauscht werden.
    → Die Amortisationszeit unter Berücksichtigung der Fördermittel (bis Ende 2021) liegt bei ca. **4 Jahren**
  - Dabei kann der Stromverbrauch sowie der CO_2-Ausstoß um **ca. 60%** gesenkt werden

1. Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule
2. **Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning**
3. Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement
4. Zusammenfassung

Straßenbeleuchtung
Ist-Zustand

- Anzahl Leuchtmittel:
  - **≈ 79**
- Gesamte installierte Leistung:
  - **≈ 3.116 W**
- Stromverbrauch:
  - **≈ 12.600 kWh/a**
- Stromkosten der Beleuchtung:
  - **≈ 2.400 €/a**
- CO_2-Ausstoß der Beleuchtung:
  - **≈ 7,0 t/a**

Ist-Zustand Straßenbeleuchtung		
Art des Leuchtmittels	**Anzahl**	**Installierte Leistung**
[-]	[-]	[W]
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen	0	0
Natriumdampf-Hochdrucklampen	5	580
Leuchtstoffröhre	61	2.241
LED	13	295
Summe	**79**	**3.116**

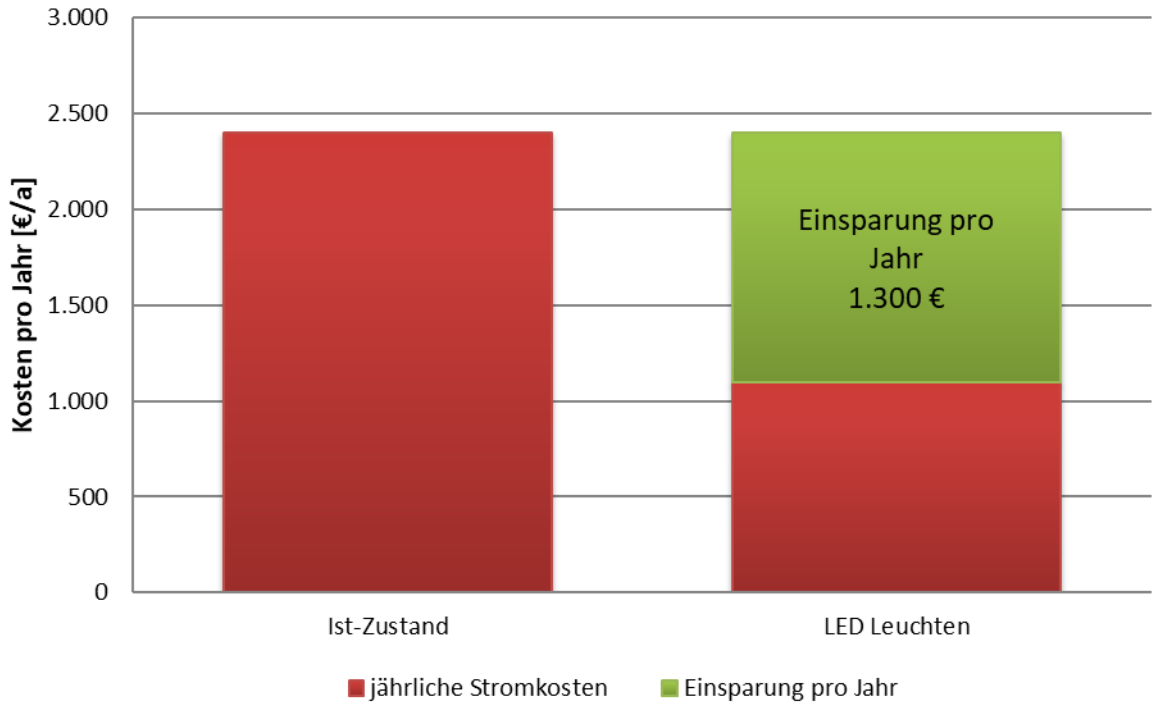
Straßenbeleuchtung
Leuchtentausch

- Einsparung: ≈ 54%
- Investitionskosten*: ≈ 19.000 €
- Stromeinsparung pro Jahr: ≈ 6.750 kWh
- Kosteneinsparung pro Jahr: ≈ 1.300 €

➢ Statische Amortisationszeit: ≈ 15 Jahre
  ➢ Ohne Inanspruchnahme von Fördermittel

➢ Statische Amortisationszeit: ≈ 10,0 Jahre
  ✓ Mit Inanspruchnahme von Fördermittel

**netto, marktübliche Kosten für komplette LED-Leuchte inkl. Montagekosten*



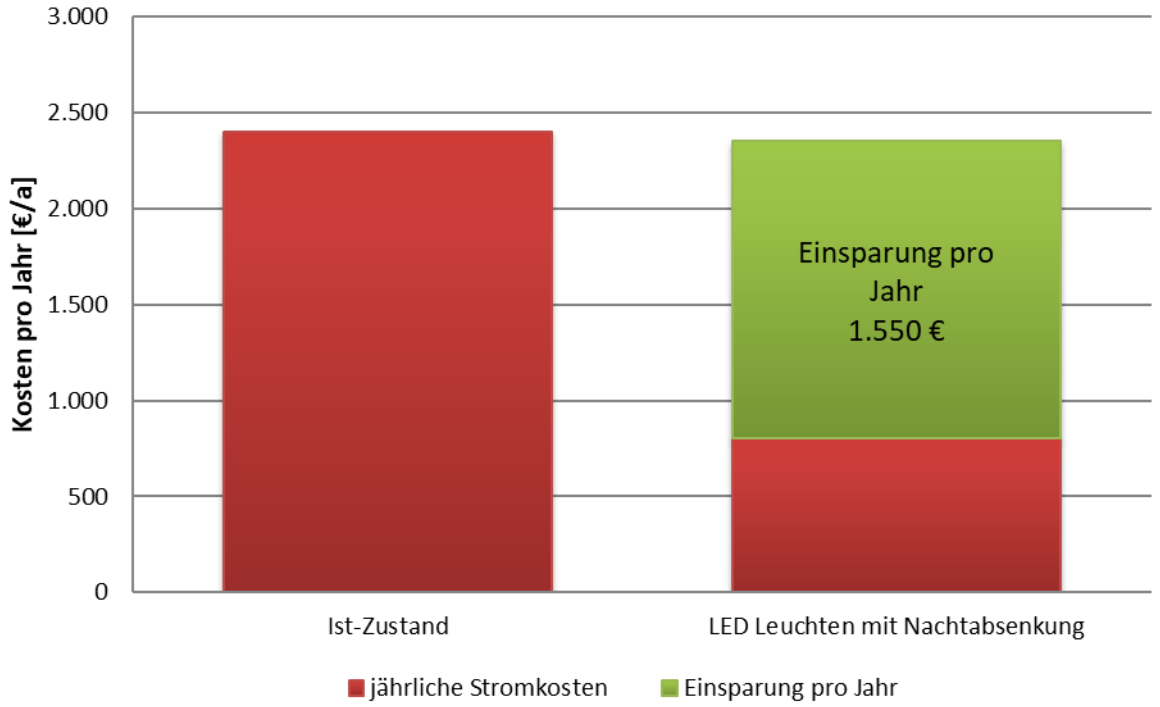
Straßenbeleuchtung
Leuchtentausch mit Nachtabsenkung

- Einsparung: ≈ 65%
- Investitionskosten*: ≈ 19.000 €
- Stromeinsparung pro Jahr: ≈ 8.200 kWh
- Kosteneinsparung pro Jahr: ≈ 1.550 €

➢ Statische Amortisationszeit: ≈ 12 Jahre
  ➢ Ohne Inanspruchnahme von Fördermittel

➢ Statische Amortisationszeit: ≈ 8,5 Jahre
  ✓ Mit Inanspruchnahme von Fördermittel

**netto, marktübliche Kosten für komplette LED-Leuchte inkl. Montagekosten*



Zusammenfassung Straßenbeleuchtung

- Erzielbare Einsparung beim Einsatz von technischen Leuchten bei rund 54% bzw. 65% mit Nachtabsenkung
- Der Leuchtenaustausch kann durch PtJ gefördert werden
  → Zuschuss 30 % (Stand 2021, ab 2022 25%)
- Die statische Amortisationszeit bei unverändertem Strompreis beträgt:
  - rund 10 Jahre (Leuchtentausch inkl. Förderung)
  - rund 8,5 Jahre (Leuchtentausch inkl. Förderung mit Nachtabsenkung)

Straßenbeleuchtung Großhartpenning		Ist-Zustand	LED-Leuchten	LED-Leuchten inkl. Nachtabsenkung
Leistung	[W]	3.100	1.450	1.450
Stromverbrauch	[kWh/a]	12.600	5.850	4.300
Stromkosten	[€/a]	2.400	1.100	800
CO_2-Ausstoß	[t/a]	7,0	3,3	2,4
Investitionskosten	**[€]**	**0**	**19.000**	**19.000**

1. Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule
2. Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning
3. **Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement**
4. Zusammenfassung

Vorgehen

1. **Bestandsaufnahme**
   (Infos zur Liegenschaft und vorhandener Technik)

2. **Verbrauchsanalyse**
   (Kennzahlen auf Basis historischer Verbrauchsdaten und Abgleich mit VDI 3807)
   - Teilweise elektrische Lastprofile vorhanden → weitere Analyse

3. **Ausarbeitung von Effizienzoptimierungen**

4. **Entwicklung Messkonzept**
   (Beschreibung der empfohlenen Systemkonzepte und des notwendigen Ausbaus von Messgeräten für den Aufbau einer automatisierten Messdatenerfassung)

5. **Parallel: Unterstützung bei der Auswahl einer geeigneten Energiemanagement-Software**

Betrachtete Liegenschaften

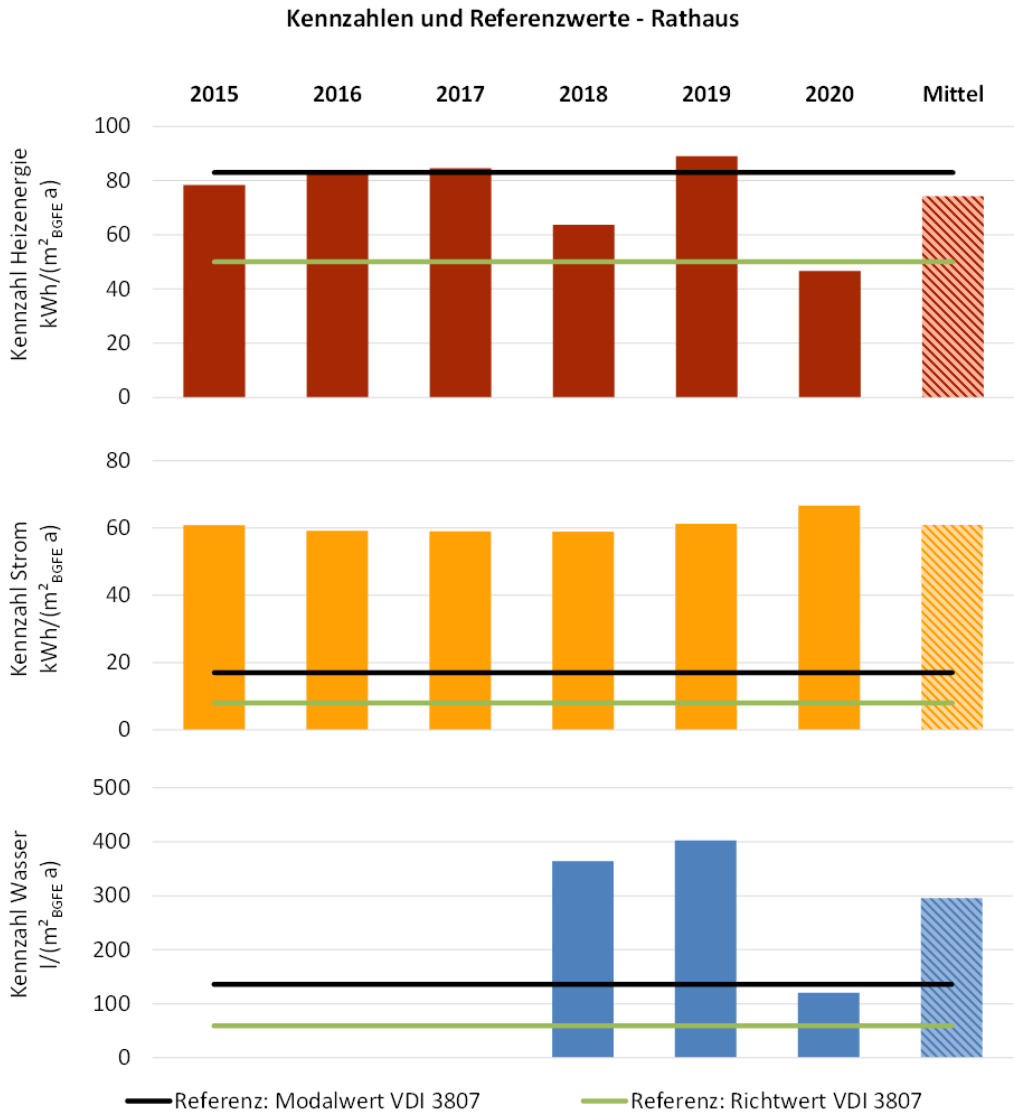
Liegenschaften

1. Grundschule, Baumgartenstr. 7
2. Mittelschule, Baumgartenstr. 7
3. Turnhalle an der Grundschule, Baumgartenstr. 7
4. Turnhalle am Hallenbad, Baumgartenstr. 12
5. Grundschule, Probst-Sigl-Str. 3
6. Caritas Kinderhort, Frühlingstr. 6
7. Kindergarten „Die Dorfspatzen“, Hauptstr. 29, Föching
8. Kindergarten „Frühlingsdorf“, Industriestr. 51
9. Bauhof, Frühlingstr. 22 - 24
10. Rathaus, Marktplatz 2
11. Feuerwehr Holzkirchen inkl. BRK, Badgasse 5

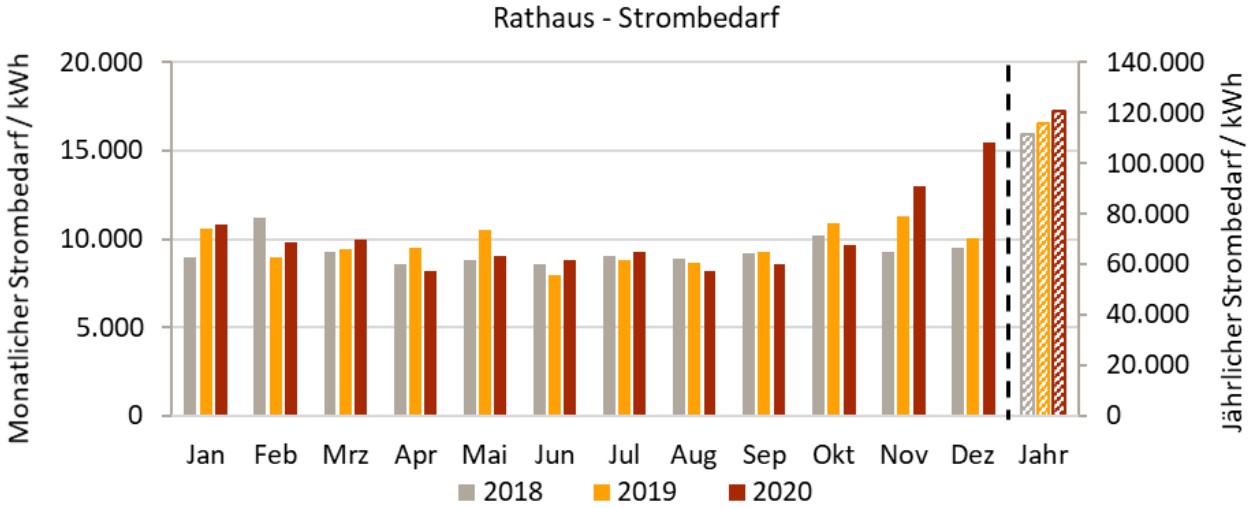
Luftbild Datenquelle: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten-bayern.de

Verbrauchsanalyse - Beispiel Rathaus

- Bildung flächenbezogener witterungsbereinigter Verbrauchskennzahlen
  - Schwankender Wärmebedarf, unterhalb Modalwert
  - Hoher Strombedarf
    → Optimierungsmaßnahmen
  - Reduzierter Wasserverbrauch in 2020 bedingt durch reduzierte Nutzung des Gebäudes während der Corona-Pandemie?

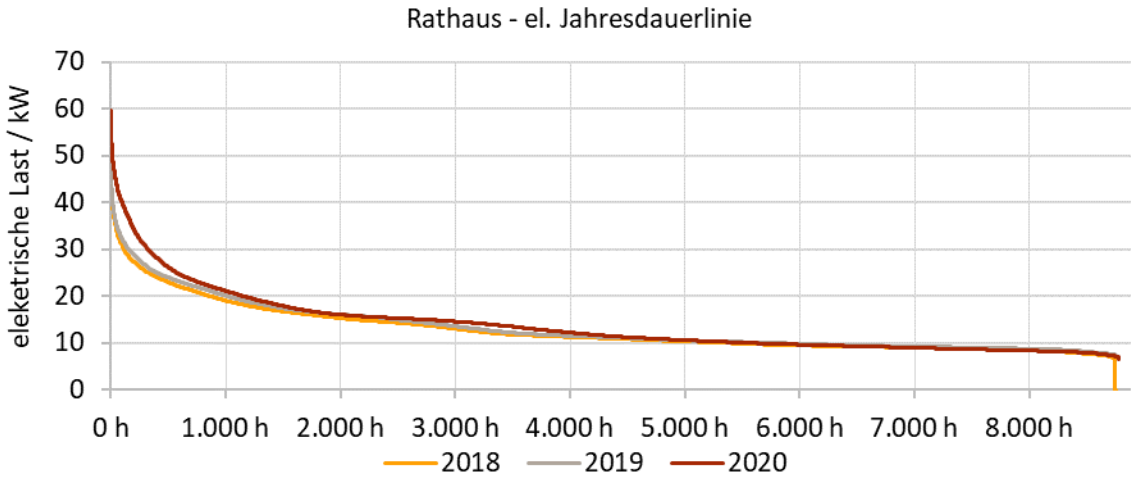


Verbrauchsanalyse - Beispiel Rathaus



- Tendenziell erhöhter Bedarf in den Wintermonaten
- Nov. und Dez. 2020: Abweichung von den Vormonaten
  - Lastspitzen genau zwischen 7 und 23 Uhr
  - Indiz für eine automatisierte, zeitbasierte Zu- bzw. Abschaltung
  - Ziel: Monitoring der Lüftungsanlage

- Durchschnittliche Grundlast ca. 8 kW
  → Der Anteil der Grundlast am Jahres-strombedarf entspricht rund 55% bis 60%



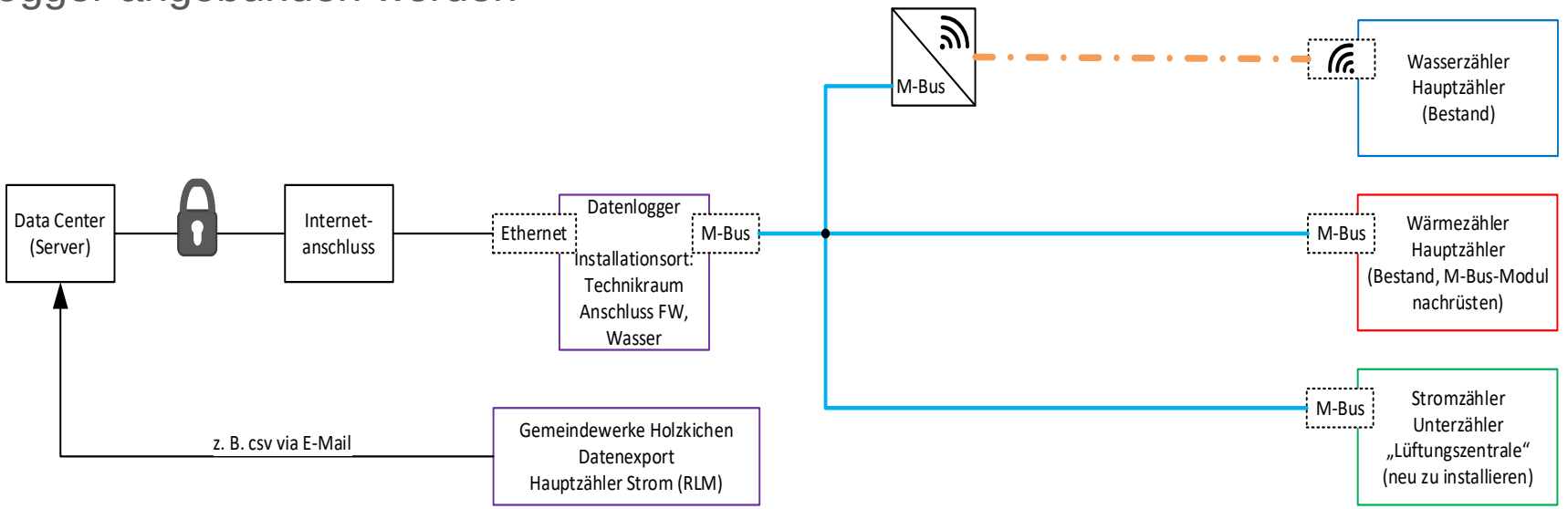
Effizienzoptimierung - Beispiel Rathaus

Lüftungsanlage:

- Nachrüstung Wärmerückgewinnung prüfen (Anlage bereits vorbereitet)
- Prüfung Stilllegung Dampfbefeuchter (installierte Leistung: 2 x 22 kW_{el})
- Anpassung der Schaltzeiten (z.B. Kopplung an Belegungsplan)
- Ausbau der Messgeräteinfrastruktur und automatisierte Messdatenerfassung

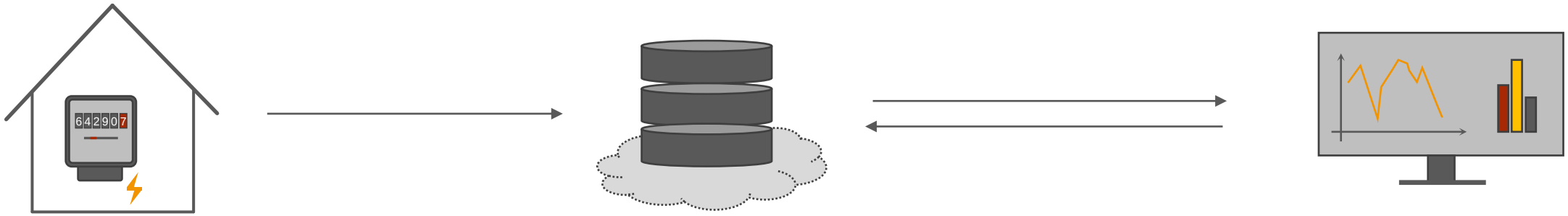
Entwicklung Messkonzept – Bsp. Rathaus

- Nachrüstung von Messgeräten zur automatisierten Datenerfassung
  1. Neuer Strom-Unterzähler Lüftungszentrale
  2. Kommunikationsmodul für Wärmemengenzähler der Fernwärmeübergabestation
- Lastprofile des Strom-Hauptzählers können über einen automatisierten Datenexport in Form einer csv-Datei via E-Mail eingebunden werden
- Der vorhandene Wasserzähler verfügt über ein Funkmodul und kann über ein Gateway an einen Datenlogger angebunden werden



Softwarelösungen für das Energiemanagement (EnM)

Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise (Monitoring)



Informationen
- Zählerstände
- Abrechnungen
- Temperaturen
- …

Datensammlung, -Verwaltung und -Aufbereitung
- EnM-Software (Server-Applikation)
- Server + Datenbank
- eigener Serverbetrieb oder externes Hosting (Cloud)
- Berechnung (z. B. Kennzahlen, Witterungsbereinigung)

Visualisierung & Auswertung
- EnM-Software (Client-App / User-Interface)
- Trend: Bedienung über Browser (z. B. HTML5)

Softwarelösungen für das Energiemanagement (EnM)
Zu erwartende Kosten

Preisangaben in € netto

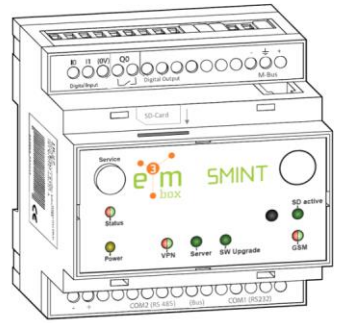
Anbieter	Software Einmalig in €	Software Fortlaufend in €/a	Hardware (nur Datenlogger, keine Sensorik)
Berg	17.000	2.500	Eigene Hardware, ca. 12.000 zzgl. IBN, Projektierung
BS-Systeme	18.000	2.600	Nein, *12.000* zzgl. IBN
DeZem	*eigenes Hosting erst ab 5.000 Datenpunkten*		
Emation	9.500	1.500	Eigene Hardware, ca. 11.000 zzgl. IBN
FlowChief	10.000	Updates zukaufen (Anteil von einmaligen Kosten) Wartungsvertrag	(eigene Hardware eher ungeeignet)
IngSoft	12.000	1.700	Nein, *12.000* zzgl. IBN
ITC	37.000	3.300	Nein, *12.000* zzgl. IBN

Softwarelösungen für das Energiemanagement (EnM)
Mögliche Anbieter

emation: „e3m“

- Energiemanagementsoftware „e3m Data Center“
  - Installiert auf eigenem Server (auch cloud möglich)
  - Kosten abh. der Datenpunkte und User (gleichzeitig)
  - Zugriff / Auswertung über Browser
- Hardware verfügbar
  - Datenlogger „e3m-Box“
  - Softwareschnittstelle „e3m-Connector“

→ Komplettpaket möglich



Quelle: emation.de

1. Innenbeleuchtung Batusa-Halle und Sporthallenbereich der Hauptschule
2. Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED im Ortsteil Großhartpenning
3. Energetische Untersuchung von kommunalen Gebäuden und Energiemanagement
4. **Zusammenfassung**

Zusammenfassung

- Der Einsatz moderner Leuchtentechnik in den Hallen und bei der Straßenbeleuchtung im Ortsteil Großhartpenning ermöglicht eine Einsparung von insgesamt rund 35.400 kWh/a (≙ Einsparung von 19 t CO_2 bzw. 7.000 €/a)
- Bei der energetischen Untersuchung der ausgewählten Gebäude konnten weitere Effizienzmaßnahmen identifiziert werden
- Darüber hinaus wurden für diese Liegenschaften Systemkonzepte mit dem notwendigen Ausbau von Messgeräten entwickelt
- Durch den Aufbau eines Energiemanagement mit automatisierter Datenerfassung und -aufbereitung können weitere Effizienzmaßnahmen identifiziert werden
- Die dafür passende Systemsoftware wurde in einem gemeinsamen umfangreichen Wettbewerber-Vergleich herausgearbeitet

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Besuchen Sie uns doch auch auf…

www.ifeam.de

www.facebook.com/ifeam.de

www.t1p.de/ifeam