

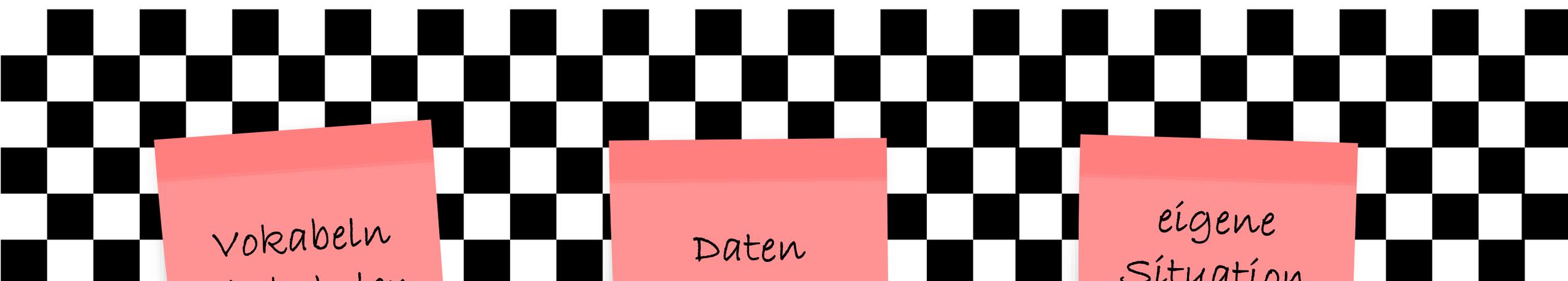
in halbtransparenten Kästchen wie diesem  
stehen Untertitel zu den Vortrags-Folien

## Last-flexible Fabriken

im Stromnetz der Zukunft?



**proGT**  
**Wirtschaft**  
ERFOLGREICH IM KREIS GÜTERSLOH

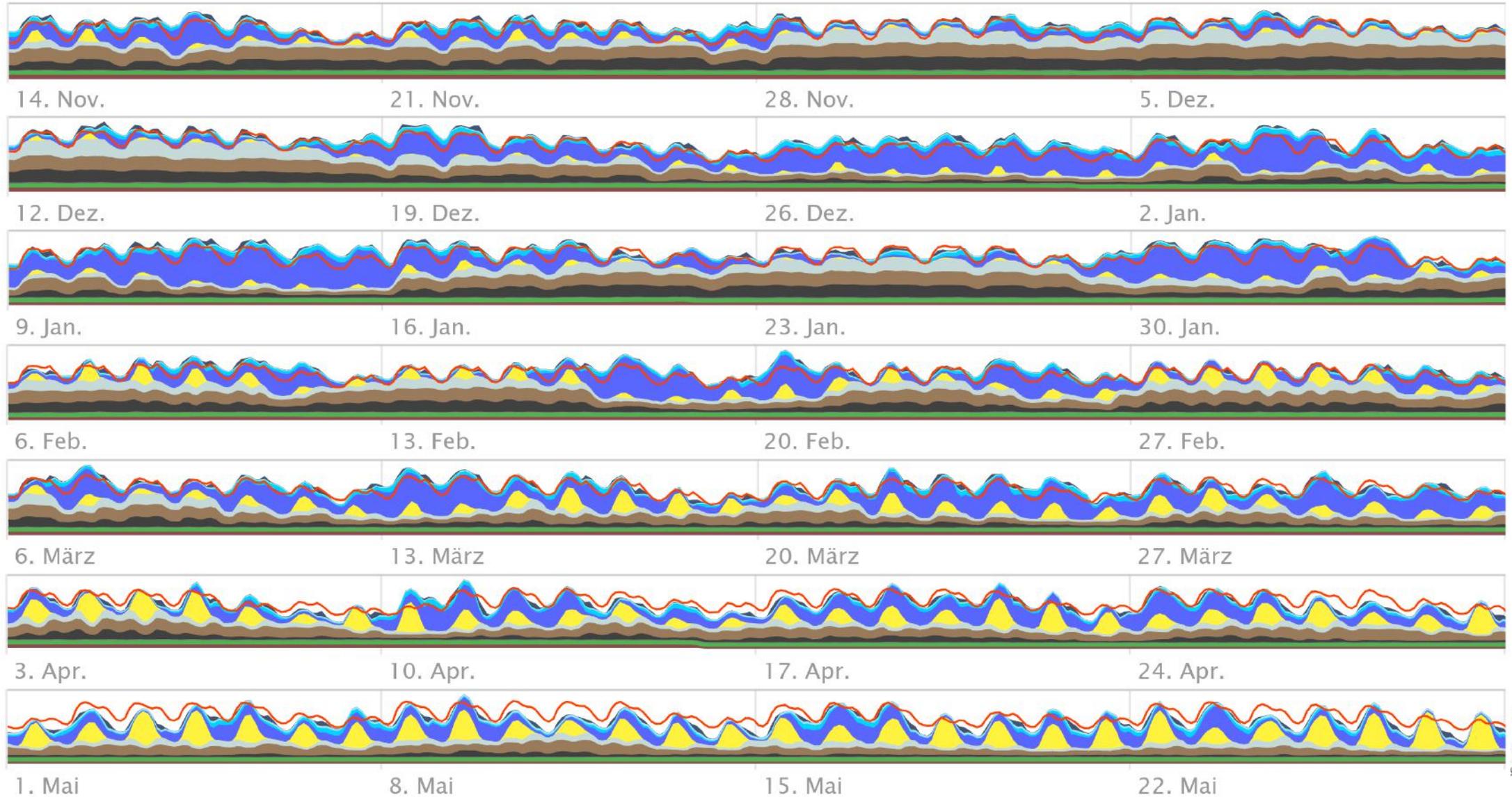


Vokabeln  
wiederholen

Daten  
sammeln

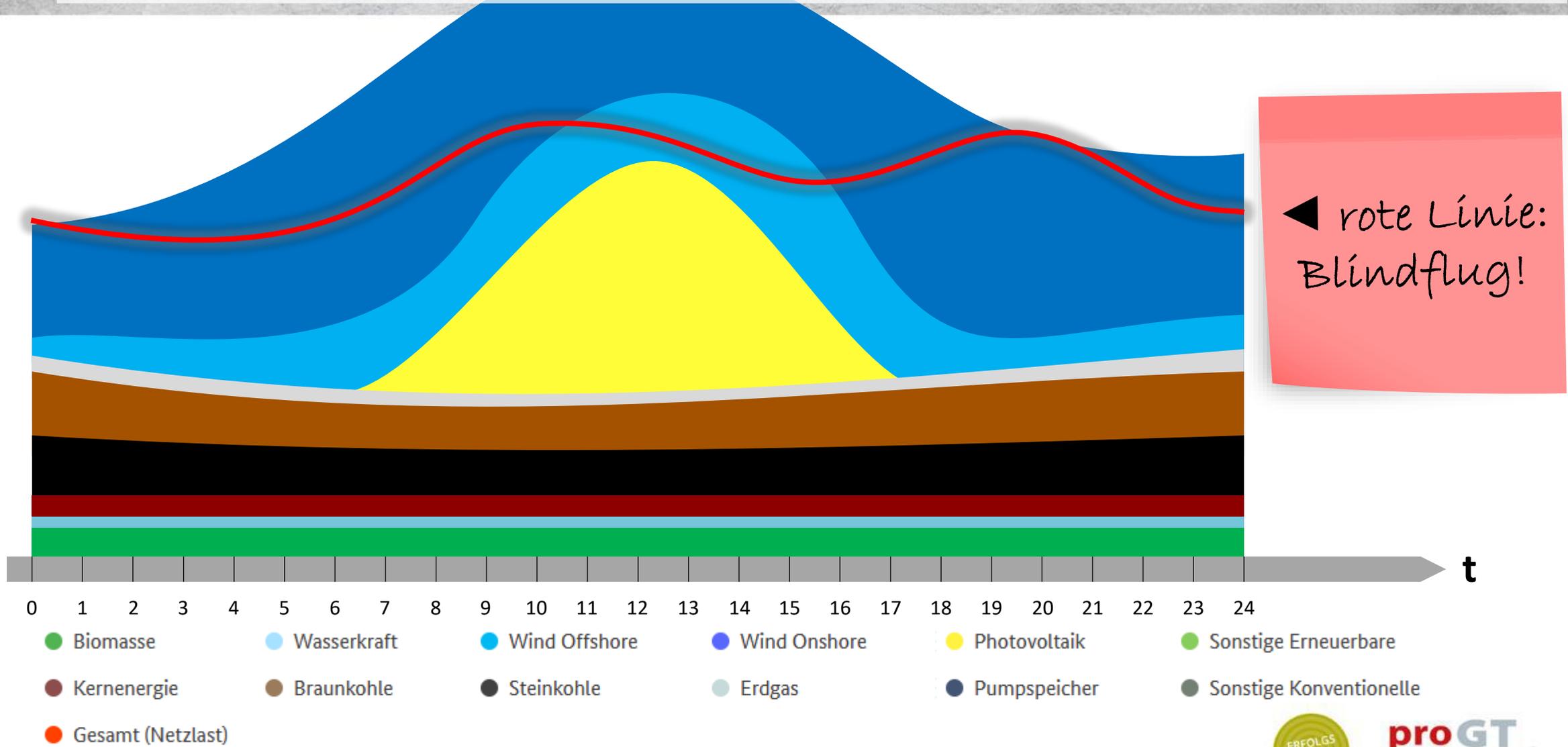
eigene  
Situation  
bewerten

Strommix (Erzeugung) und Stromverbrauch der BRD von Nov. 2022 bis Mai 2023.  
Spoiler: Der Stromverbrauch ist sehr gleichförmig. Die Stromerzeugung (das Angebot) wird der Nachfrage hinterhergeregelt. Dies geschieht zum Teil mit sehr starren (und großen) Kraftwerksblöcken. Details: siehe nächste Folie

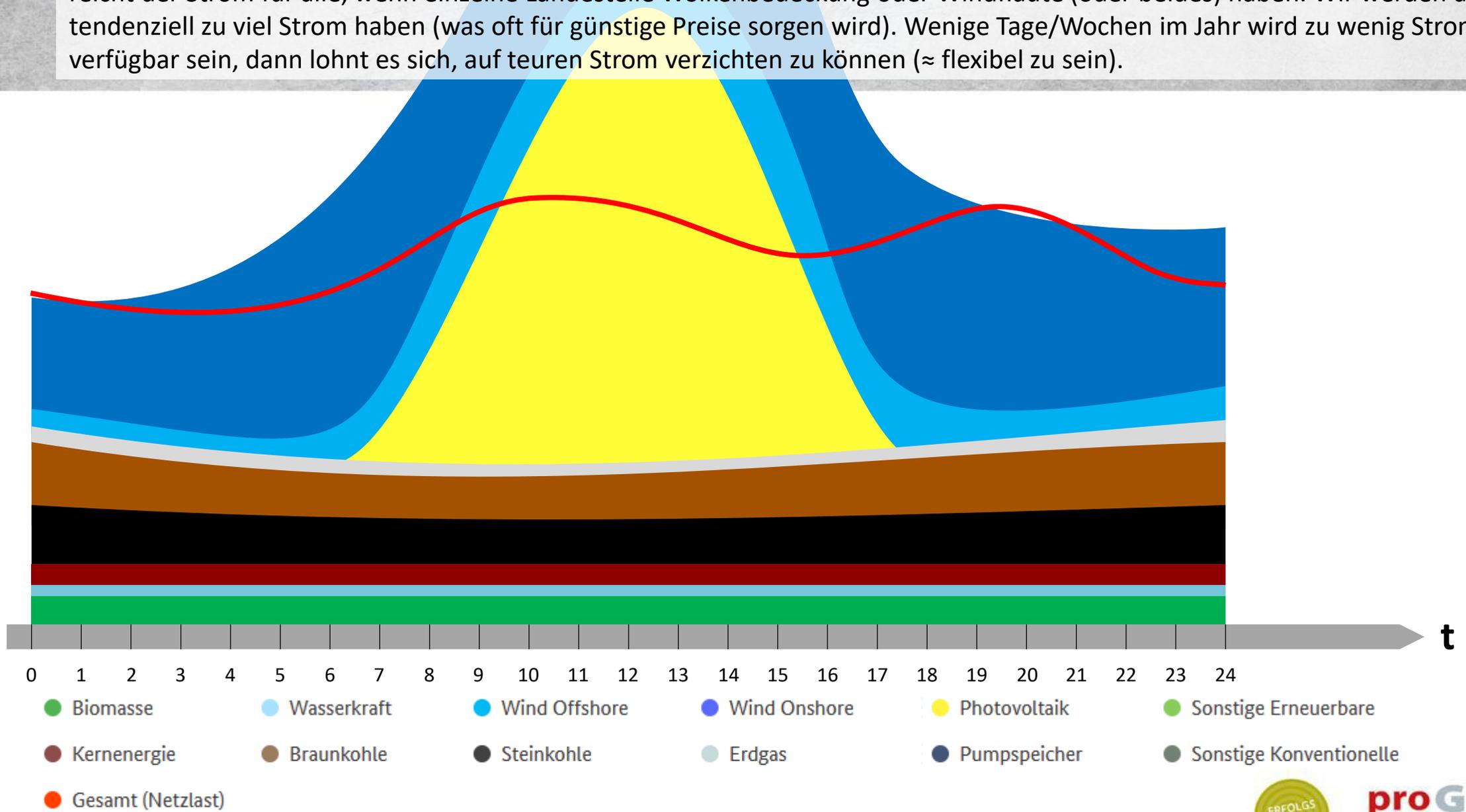


Erneuerbare Energie sind nur mäßig planbar. Einem volatilen/schwankenden steht idealerweise ein regelbarer Verbrauch gegenüber. Dieser kann Strom billig beziehen, wenn Überschüsse herrschen. Ein knappes Angebot (wenig Wind&/Sonne) bedeutet dann entweder höhere Preise oder Teil-Abschaltung.

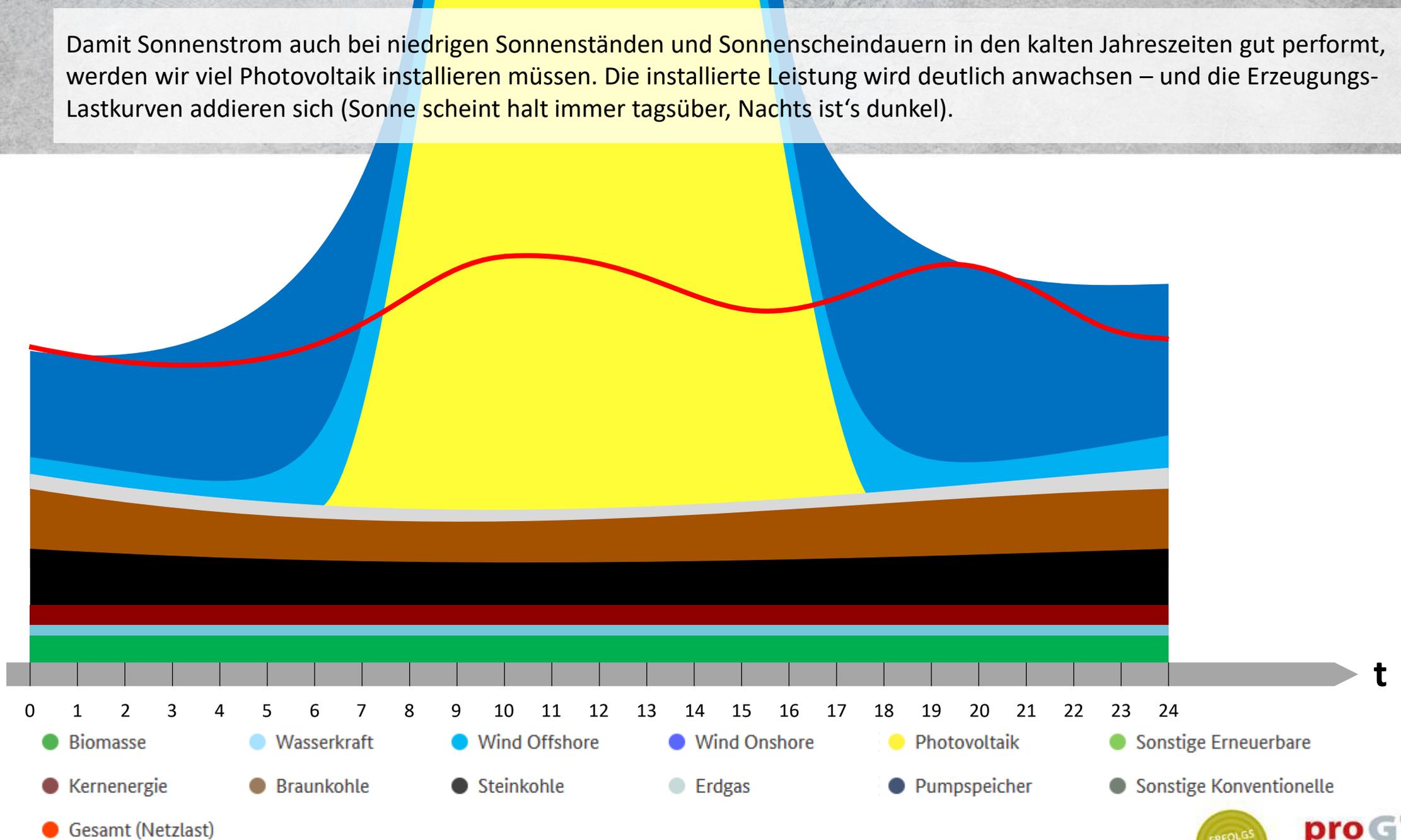
Wahrscheinlich werden sich schwankende Preise durchsetzen. Smart Metering macht es möglich.



Damit ganzjährig genug Strom verfügbar ist, werden wir deutschlandweit deutliche Überkapazitäten installieren müssen. Nur so reicht der Strom für alle, wenn einzelne Landesteile Wolkenbedeckung oder Windflaute (oder beides) haben. Wir werden also tendenziell zu viel Strom haben (was oft für günstige Preise sorgen wird). Wenige Tage/Wochen im Jahr wird zu wenig Strom verfügbar sein, dann lohnt es sich, auf teuren Strom verzichten zu können ( $\approx$  flexibel zu sein).



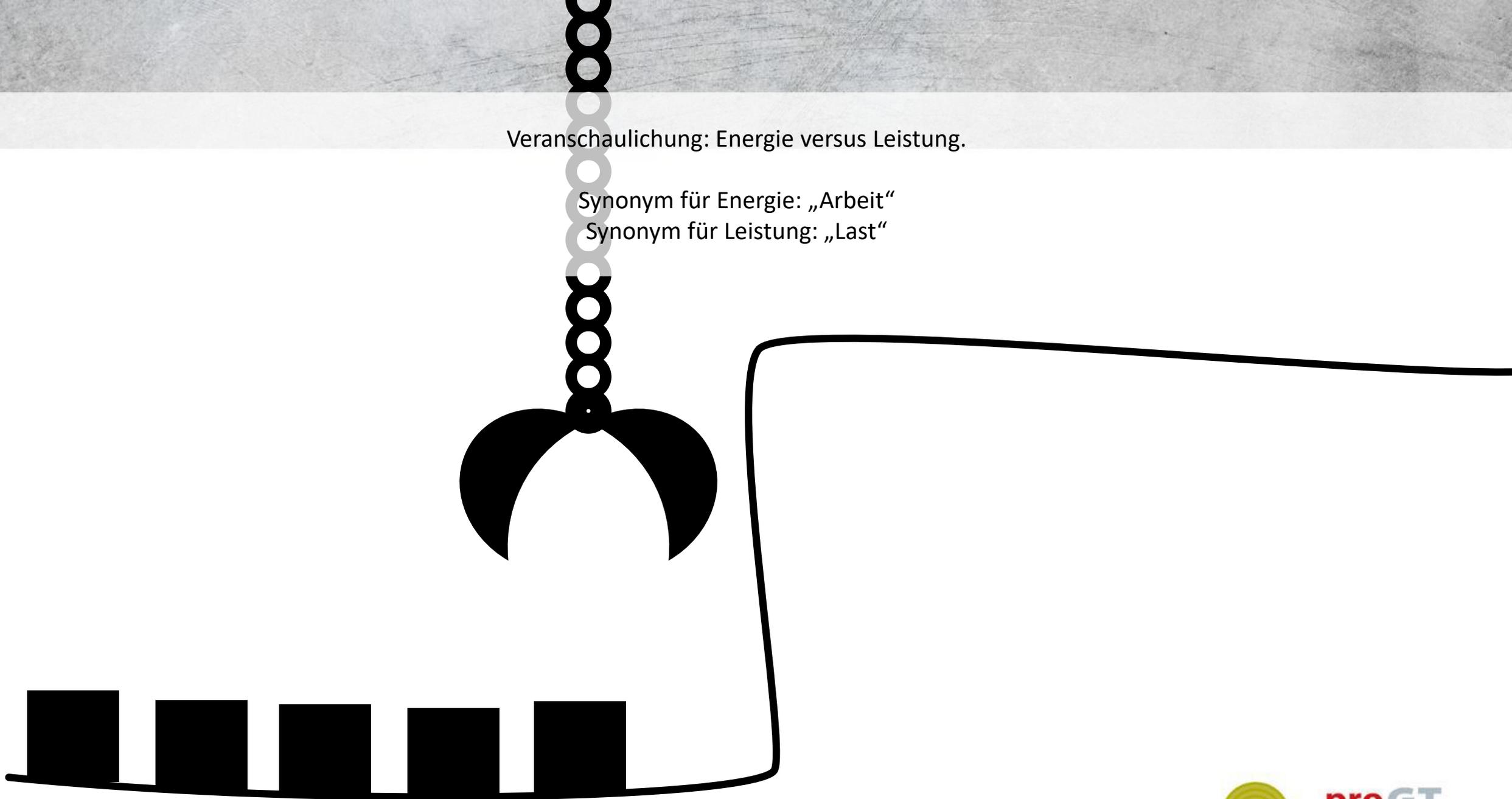
Damit Sonnenstrom auch bei niedrigen Sonnenständen und Sonnenscheindauern in den kalten Jahreszeiten gut performt, werden wir viel Photovoltaik installieren müssen. Die installierte Leistung wird deutlich anwachsen – und die Erzeugungslastkurven addieren sich (Sonne scheint halt immer tagsüber, Nachts ist's dunkel).



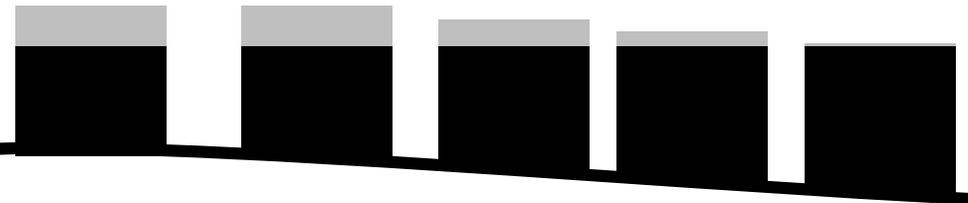
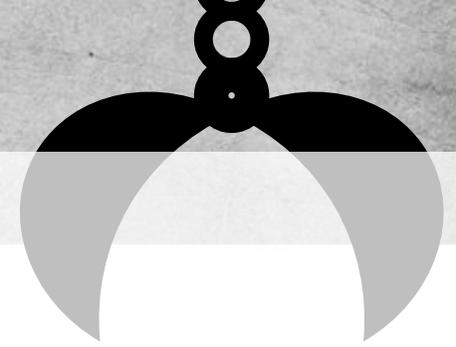
Veranschaulichung: Energie versus Leistung.

Synonym für Energie: „Arbeit“

Synonym für Leistung: „Last“



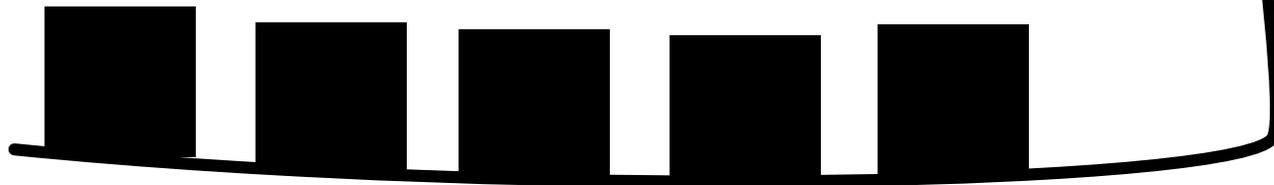
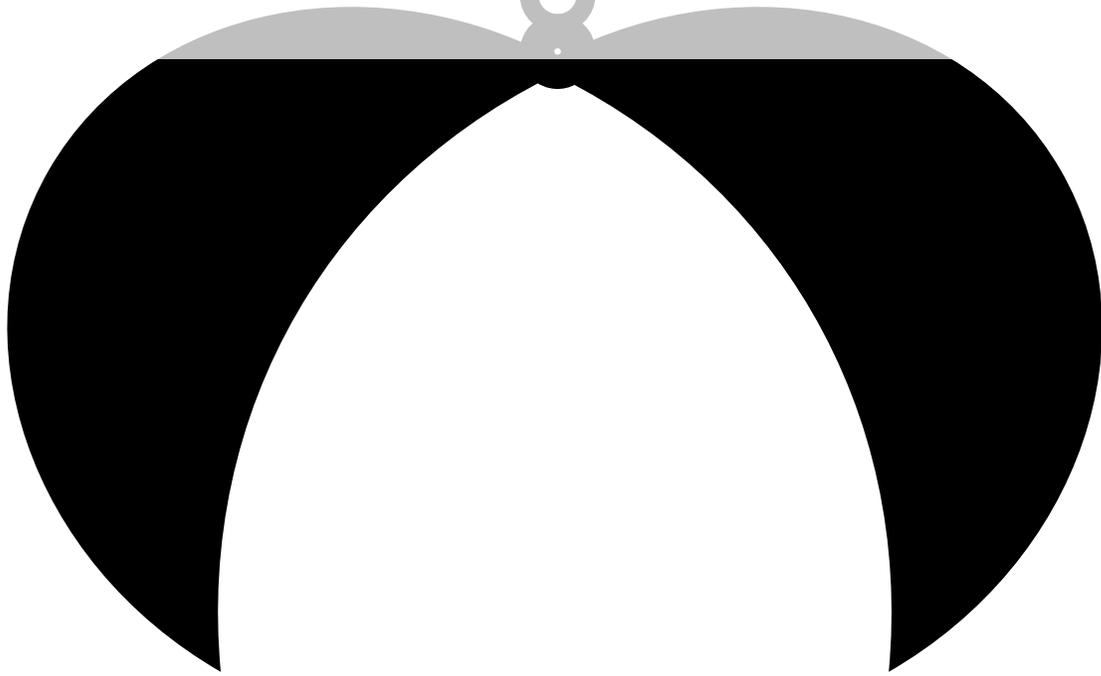
5 x Arbeit, wenig Leistung – dauert länger



5 kWh  
Energie



5 x Arbeit, viel Leistung, geht schnell, steigert Leistungspreis



5 x Arbeit, viel Leistung

5 kWh  
Energie

hohe  
Leistung



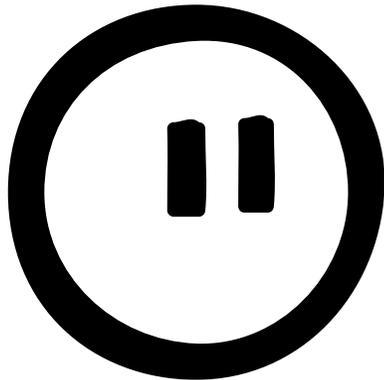
(plastisches Beispiel zum Unterscheiden von:

- Arbeit = Energie und
- Leistung = Arbeit pro Zeit.)

5 kWh  
Energie

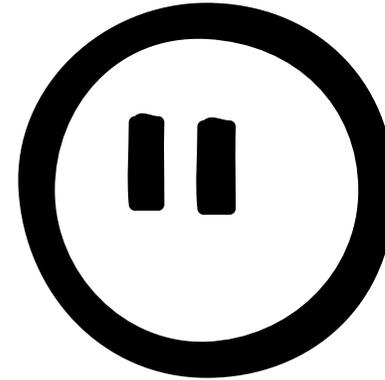
hohe  
Leistung  
(kW)

$$kW = \frac{kWh}{h}$$



Rolf

pflastert deine Einfahrt für 12€

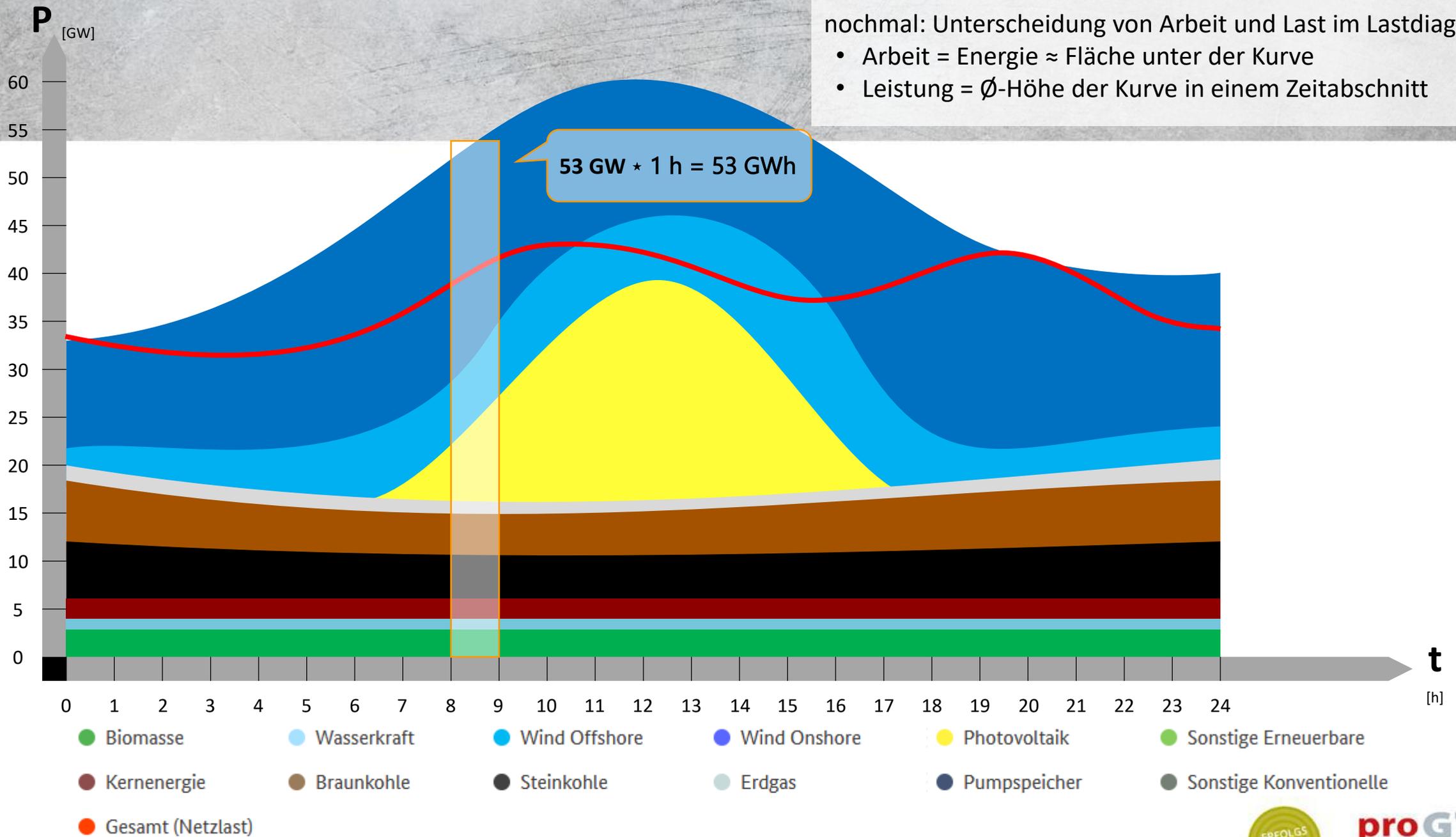


Paul

pflastert deine Einfahrt für 12€/h

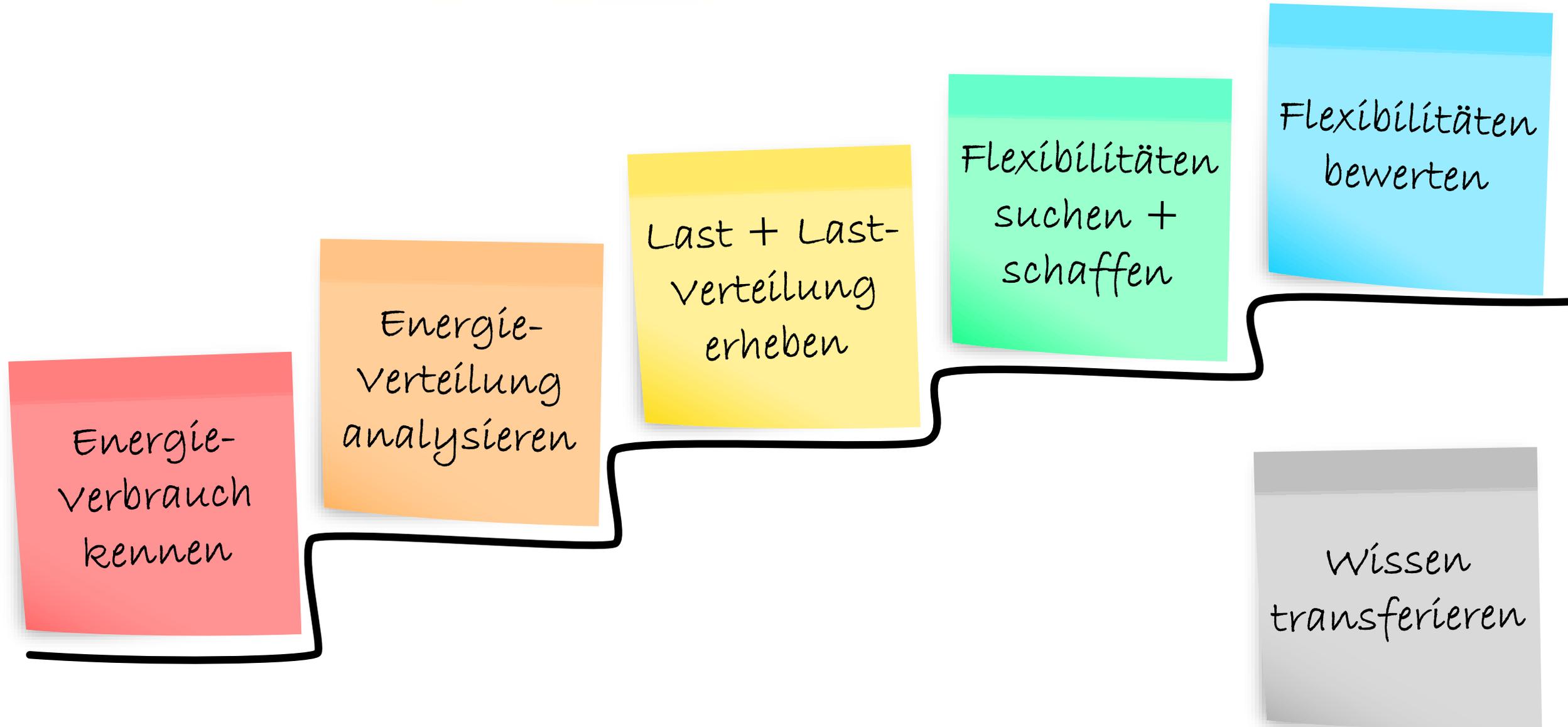
nochmal: Unterscheidung von Arbeit und Last im Lastdiagramm:

- Arbeit = Energie  $\approx$  Fläche unter der Kurve
- Leistung =  $\varnothing$ -Höhe der Kurve in einem Zeitabschnitt



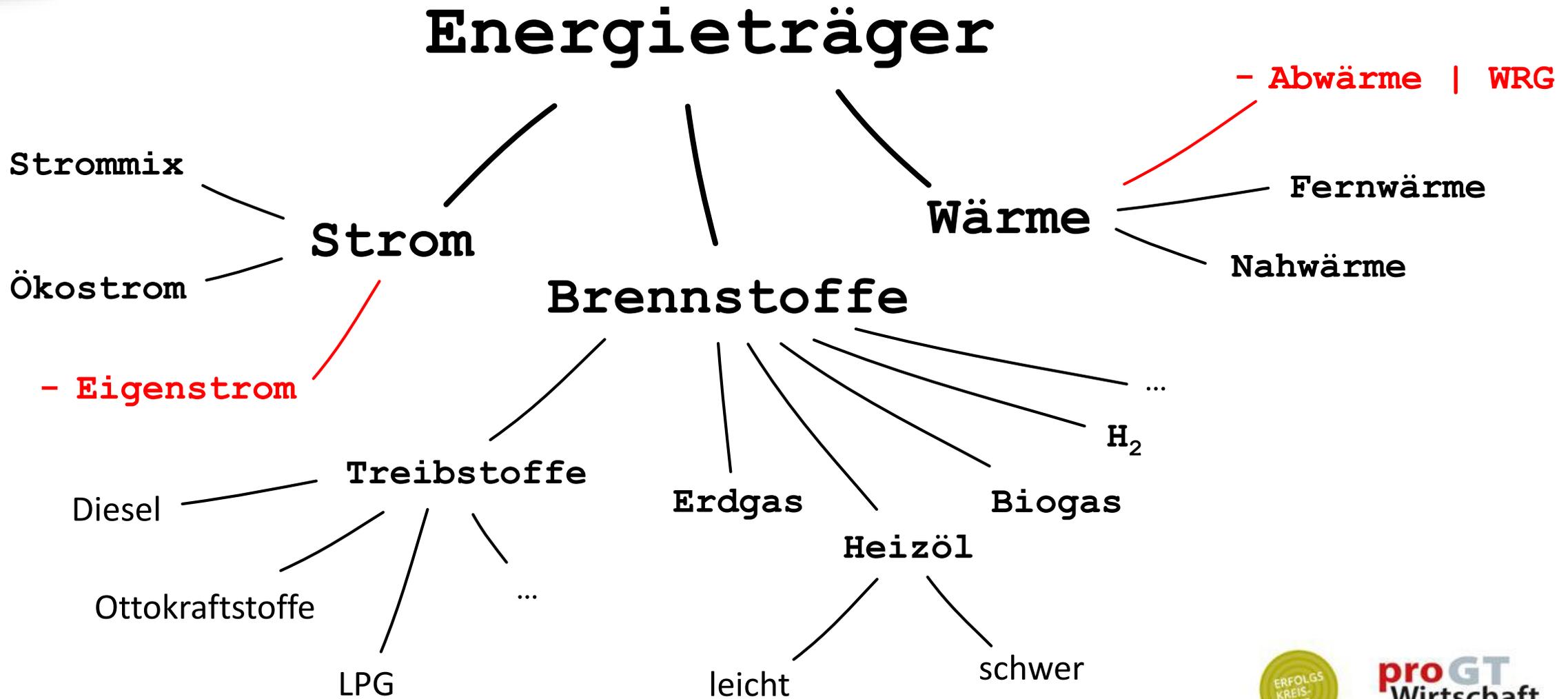
# was tun?

um Flexibilität in die Energie-Nutzung zu bekommen, sind mehrere (einfache) Gedankenschritte notwendig:



Energie-  
verbrauch  
kennen

Energieträger im Mindmap dargestellt. Welche nutze ich im Betrieb? Und wenn ja: in welchen Jahresmengen?  
→ alles in eine gemeinsame Übersicht bringen!



Mindmap aus Vor-Folie lässt sich auch als Baumstruktur darstellen ...  
Zu jedem Energieträger sollte man die 3 Werte sammeln:

## Energieträger

### Strom

Strommix

Ökostrom

### Brennstoffe

Treibstoffe

Diesel

Ottokraftstoffe

LPG

...

Erdgas

Heizöl

leicht

schwer

Biogas

H<sub>2</sub>

...

### Wärme

Nahwärme

Fernwärme

Mengen  
[kWh | MWh]

Kosten  
[€ / MWh]

Emission  
[t CO<sub>2</sub> / MWh]

und zur tabellarischen Übersicht weiten

Energieträger	Kosten	Menge	CO <sub>2</sub> -Emission
<b>Strom</b>			
Strommix	190.000 € / Jahr	800.000 kWh / Jahr	376 t CO <sub>2</sub> / Jahr
Ökostrom			
<b>Brennstoffe</b>			
<b>Treibstoffe</b>			
Diesel			
Ottokraftstoffe			
LPG			
...			
<b>Erdgas</b>			
<b>Heizöl</b>			
leicht			
schwer			
<b>Biogas</b>			
H <sub>2</sub>			
...			
<b>Wärme</b>			
<b>Nahwärme</b>			
<b>Fernwärme</b>			

BAFA-Link  
CO<sub>2</sub>-Faktoren  
→ [\[klick\]](#)



NICHT-normierte Daten oder Einheiten lassen sich mit diesem ↓ Excel-Werkzeug gleichrechnen. → [Download-Bereich prowi](#)

Energie

Strom

Brennstoff

energiekosten und co2.xlsx - Excel

Start Einfügen Seitenlayout Formeln Daten Überprüfen Ansicht Entwicklertools PDF Architect 8 Creator Was möchten Sie tun? Brünler, P. Freigegeben

Zwischenabab... Schrittart Ausrichtung Zahl Formatvorlagen Zeilen Bearbeiten

R21

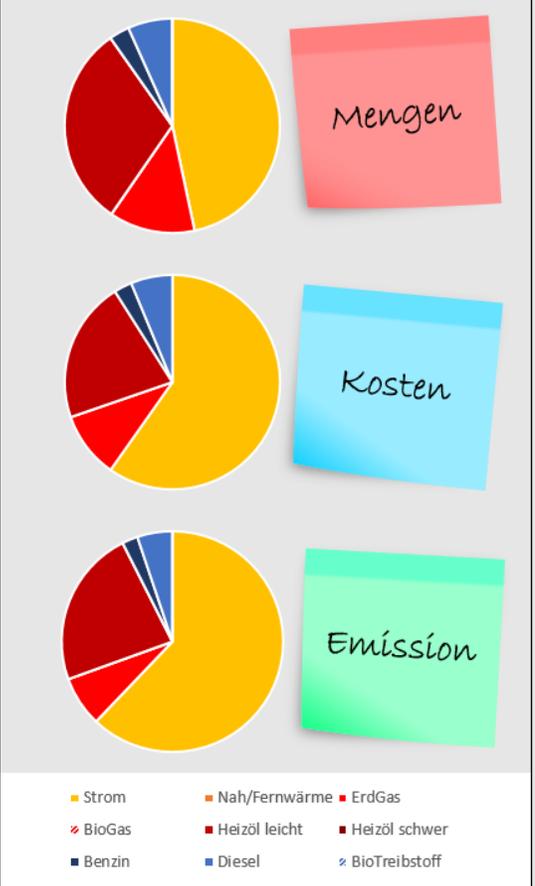
Um- und gleich-Rechner: Energieverbrauch nach Energieträgern

	kWh	kWh	Energieträger	Liter	m <sup>3</sup>	kWh	MWh
7	kWh	kWh					
8	pro m <sup>3</sup>	pro l	■ Strom	–	–	820.000	
9	–	–	■ Nah/Fernwärme	–	–		
10	–	–	■ ErdGas		24.000		
11	9,46	0,00946	/// BioGas				
12	9,46	0,00946	■ Heizöl leicht	55.000			
13	9800	9,8	■ Heizöl schwer				
14	9800	9,8	■ Benzin	6.000		–	–
15	8900	8,9	■ Diesel	12.000		–	–
16	9800	9,8	/// BioTreibstoff			–	–
17	9800	9,8					

Menge	CO <sub>2</sub> -Faktor	Energieträger	kWh	t CO <sub>2</sub>	€	≈ ct / kWh
22	470 g / kWh	■ Strom	820.000	385	210.000	25,61
23	280 g / kWh	■ Nah/Fernwärme	0	0		–
24	201 g / kWh	/// ErdGas	227.040	46	35.000	15,42
25	15,2 g / kWh	■ BioGas	0	0		–
26	266 g / kWh	■ Heizöl leicht	539.000	143	75.000	13,91
27	288 g / kWh	■ Heizöl schwer	0	0		–
28	2,37 kg / l	■ Benzin	53.400	14	9.500	17,79
29	2,65 kg / l	■ Diesel	117.600	32	22.000	18,71
30	7 g / kWh	/// BioTreibstoff	0	0		–

Eingabefeld:



Emission

/ Jahr

A-Link  
faktoren  
click!

Wärme

Fernwärme



Energie-  
verbrauch  
rechnen

CO<sub>2</sub>- oder Treibhausgas-Bilanzen können z.B. mit dem kostenfreien online Werkzeug ecocockpit erstellt werden.

https://ecocockpit.de/

### VORDEFINIERTER POSITIONEN

In der vordefinierten Position sind häufig vorkommende Emittenten zur Auswahl hinterlegt. Sollten Sie in der Auswahl einen Ihrer Emittenten nicht finden, nutzen Sie bitte den Bereich „Benutzerdefinierte Position“.

ABBRECHEN

ÜBERNEHMEN

Emittent	Funktionelle Einheit	Menge	CO <sub>2</sub> e	
01	EMITTENT	FUNKTIONELLE EINHEIT	MENGE	0
Kommentar		Bearbeitet von/am	Datenquelle	
-		KOMMENTAR	BEARBEITET VON/AM	
+				

### BENUTZERDEFINIERTER POSITIONEN

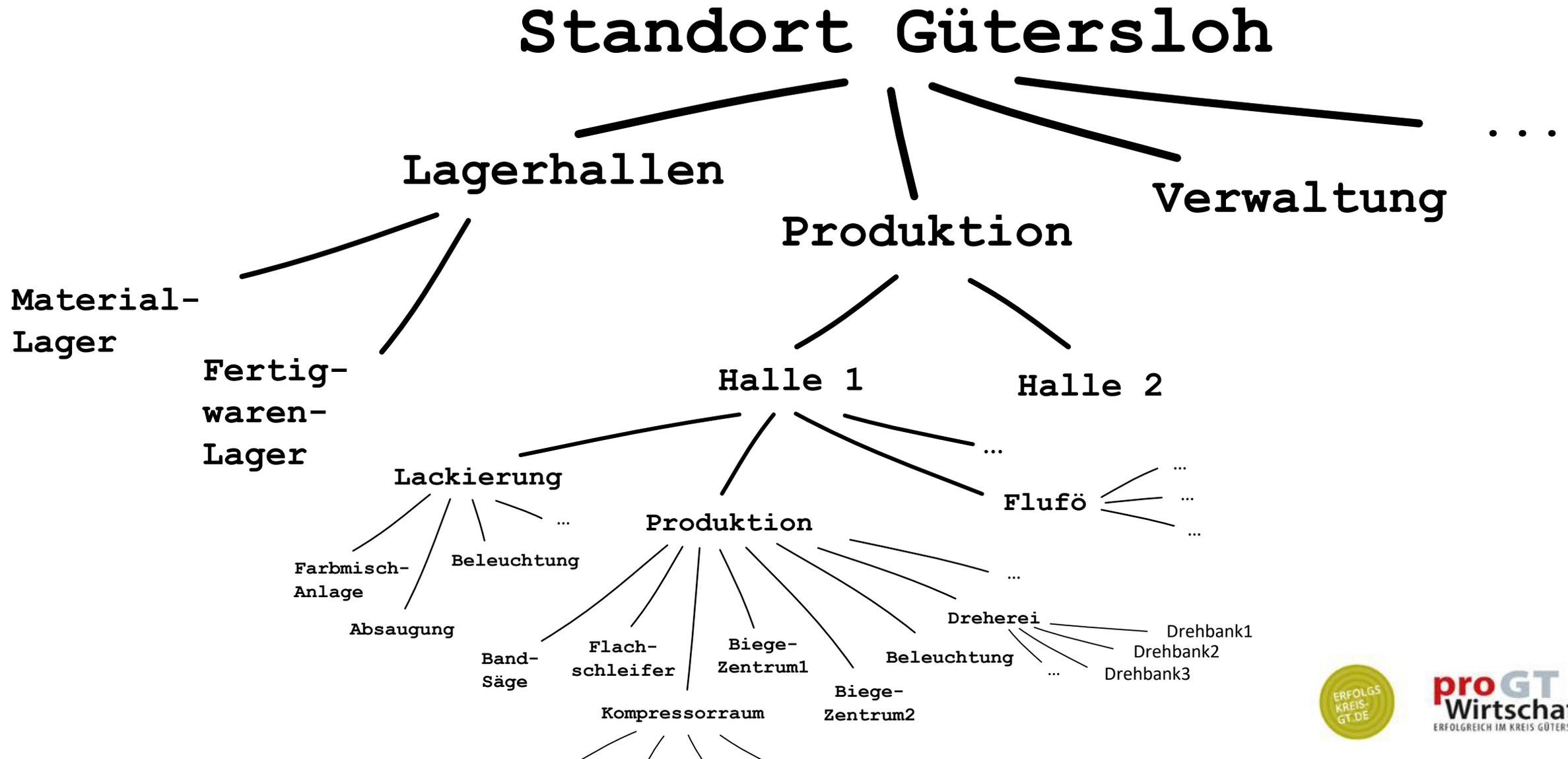
In der benutzerdefinierten Position ist es möglich weitere Emittenten selbst anzulegen. Die Daten zu CO<sub>2</sub>-Äquivalenten finden Sie z.B. auf frei zugänglichen Datenbanken wie [www.probas.umweltbundesamt.de](http://www.probas.umweltbundesamt.de).

Emittent	Funktionelle Einheit	CO <sub>2</sub> e	Menge	CO <sub>2</sub> e	
01	EMITTENT	EINHEIT	CO <sub>2</sub> E (KG/EINHEIT)	MENGE	0
Kommentar		Bearbeitet von/am	Datenquelle		
-		KOMMENTAR	BEARBEITET VON/AM	DATENQUELLE	

Nanwärme

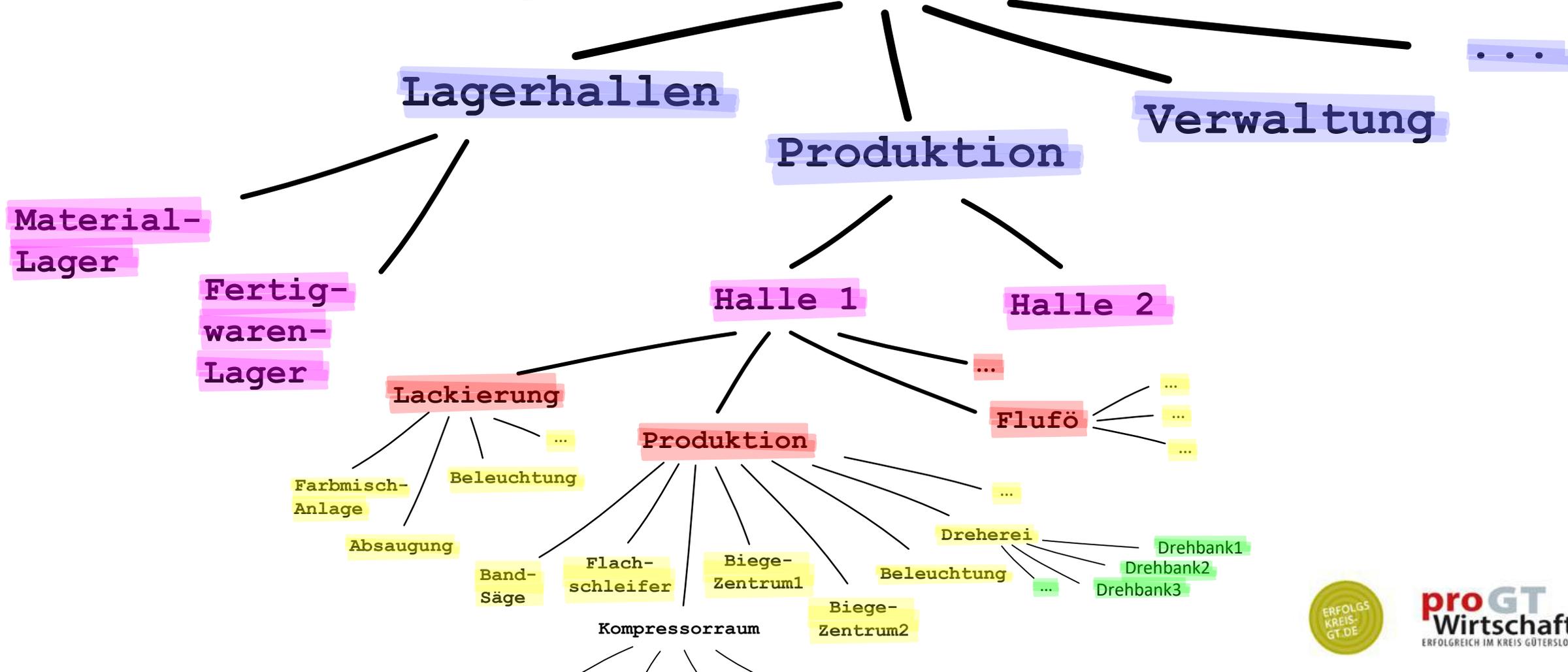
Fernwärme

Strukturen wie Unternehmen, Abteilungen oder Prozesslandkarten lassen sich ganz gut als Mindmap oder Baum darstellen. Hier wird schnell klar, welche Elemente auf welche Weise zusammenhängen. Im Beispiel ist das Biege-Zentrum2 eine Untereinheit der Produktion in Produktions-Halle 1 am Standort Gütersloh.



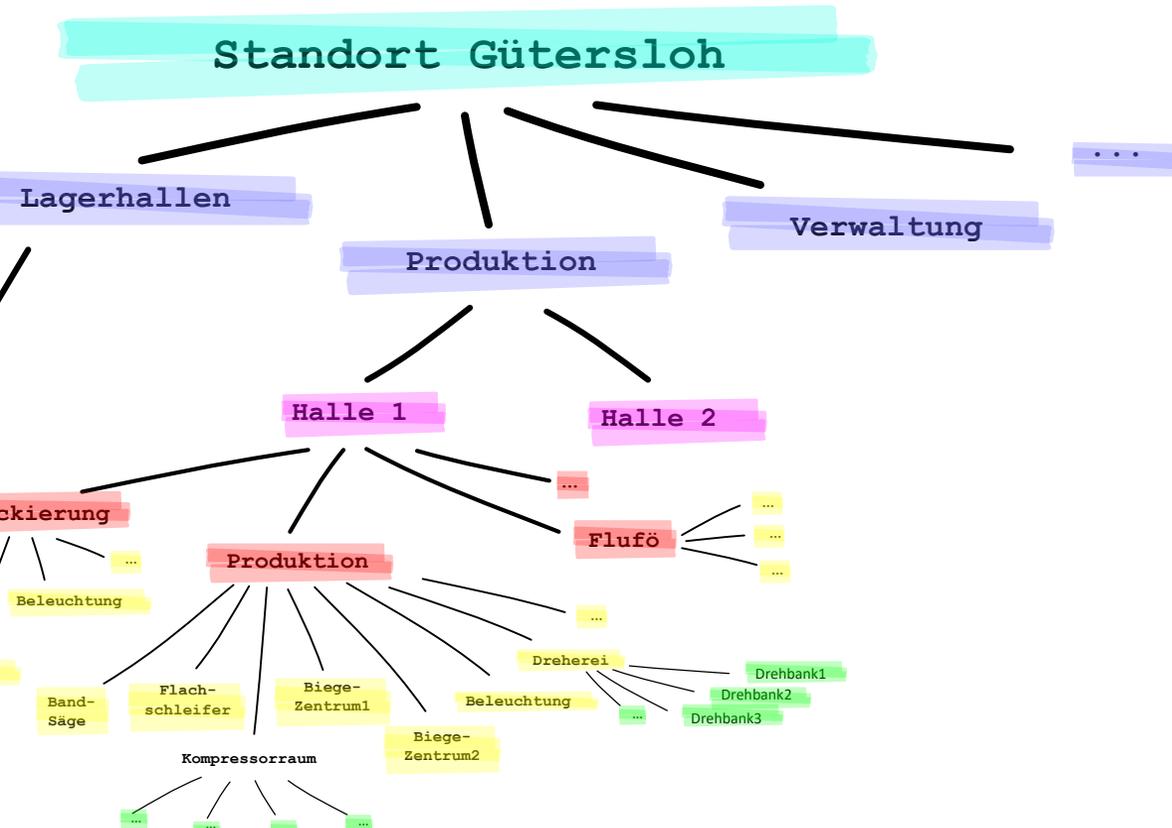
Die unterschiedlichen Hierarchiestufen sind farblich markiert. Gleiche Stufe = gleiche Farbe.

# Standort Gütersloh





Hier ist der Übertrag „aus dem Bild“ ins Raster fortgeschritten. „Steht“ der Baum im Raster, ist es an der Zeit, die Positionen zu bewerten: Jede Position bzw. jede Zeile erhält einen Wert. Diese Werte lassen sich mit einem mit einem Excel-Tool in ein Sankey-Diagramm übersetzen: je höher der Wert, desto breiter der Fluß. Hier wird auf Einheiten verzichtet. Diese sollten später Teil der Bildunterschrift sein. [Link zum kostenfreien Excel-Tool der prowi: [Link](#); [Anleitung](#): [hier](#)]

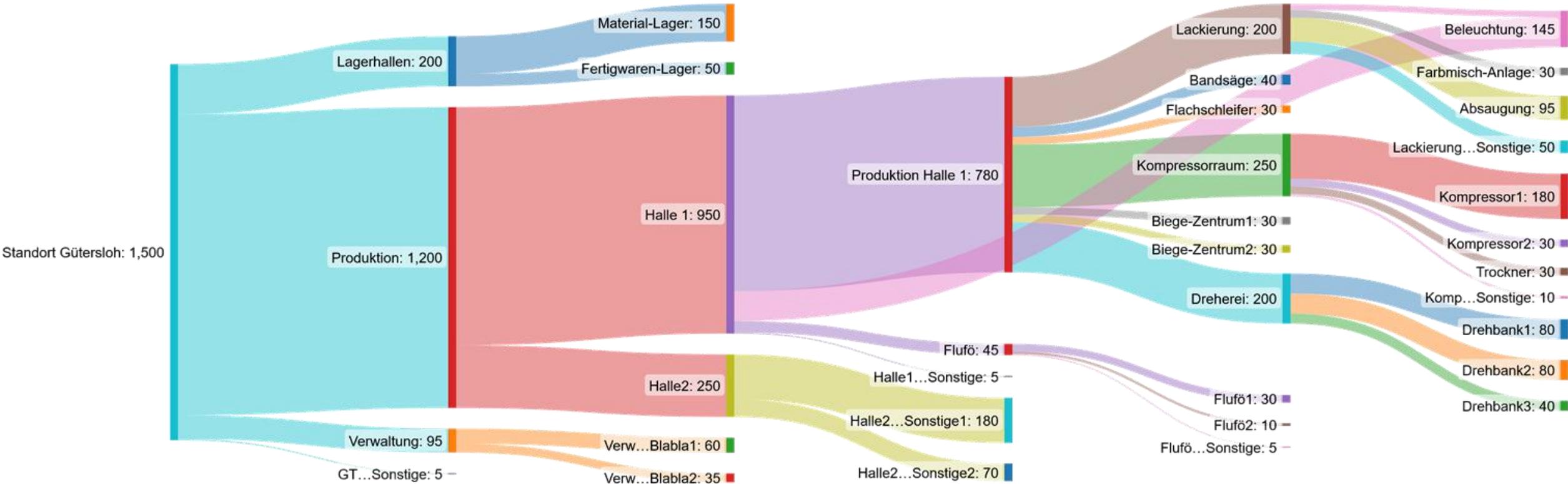


E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	Wert
Standort Gütersloh										1600
Lagerhallen										200
Material-Lager										150
Fertigwaren-Lager										50
Produktion										1200
Halle 1										950
Produktion Halle 1										780
Lackierung										200
Beleuchtung										25
Farbmisch-Anlage										30
Absaugung										95
Lackierung...Sonstige										50
Bandsäge										40
Flachschleifer										30
Kompressorraum										250
Kompressor1										180
Kompressor2										30
Trockner										30
Komp...Sonstige										10
Biege-Zentrum1										30



Energie-  
verteilung  
analysieren

So sieht ein Sankey-Diagramm (Fluss-Diagramm) auf Basis der eben gezeigten Daten aus.  
Im Fluss-Diagramm lässt sich mit wenigen Blicken sehen, wo Prioritäten liegen

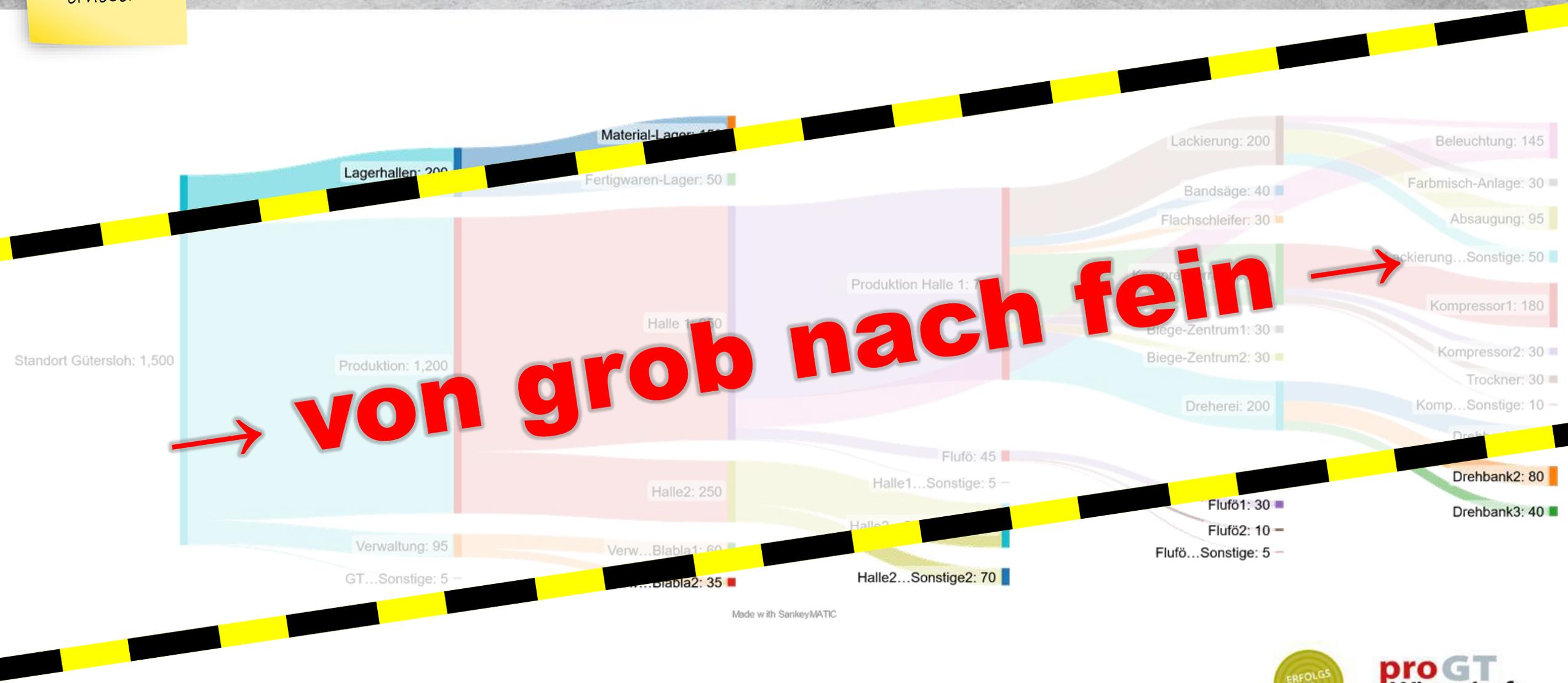


Made with SankeyMATIC



Last + Last-  
verteilung  
erheben

Verbesserungen / und genauere Betrachtungen fängt man am besten bei den dicken Brocken an.  
Vorgehen nach 80/20-Regel ist ratsam.



Daten lassen sich elektronisch, halbautomatisch oder automatisch erheben. Wie viele Zähler brauchen Sie im Werk? Lohnt sich eine leistungsfähige Software? Wollen Sie nur messen oder wollen Sie auch regeln? Löhnen sich die Kosten für Sensorik und Aktorik? Wo beginnen Sie, wenn das Budget beschränkt ist? – Das alles lässt sich MIT einem Sankey-Diagramm besser und sicher entscheiden als OHNE.

erheben

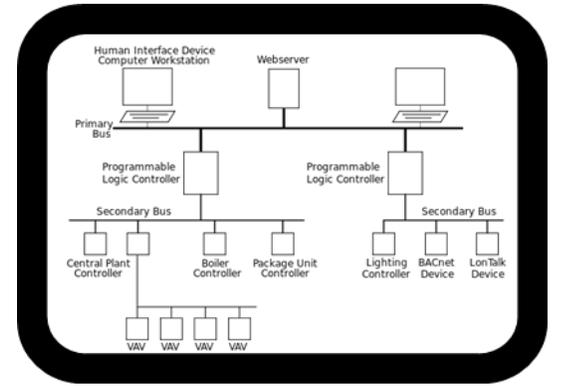
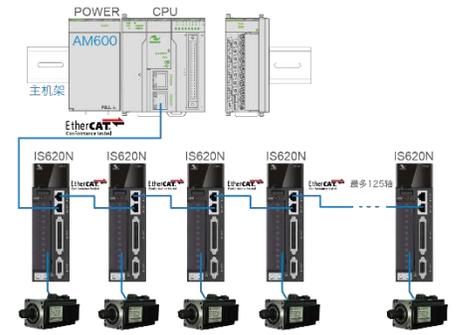
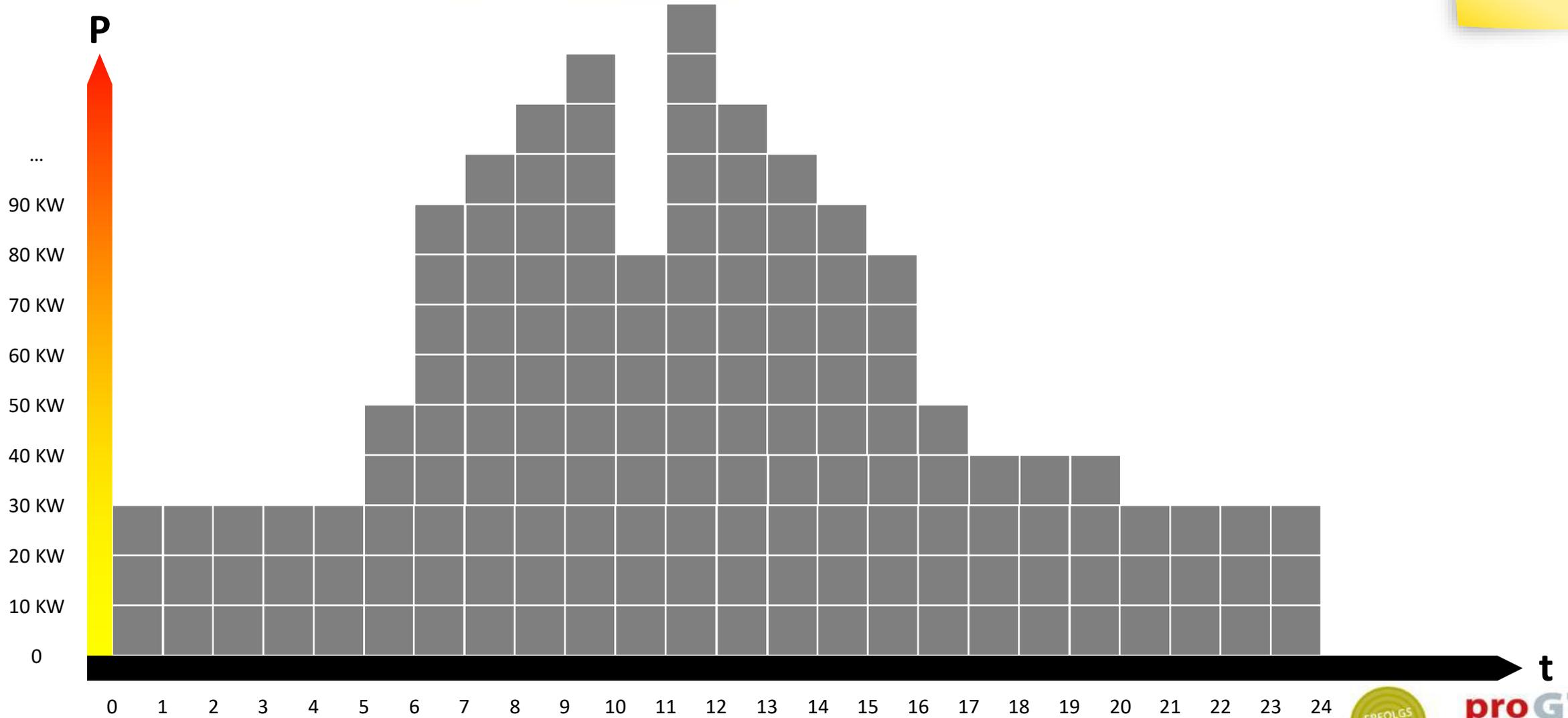


Bild-Quellen: Wikipedia



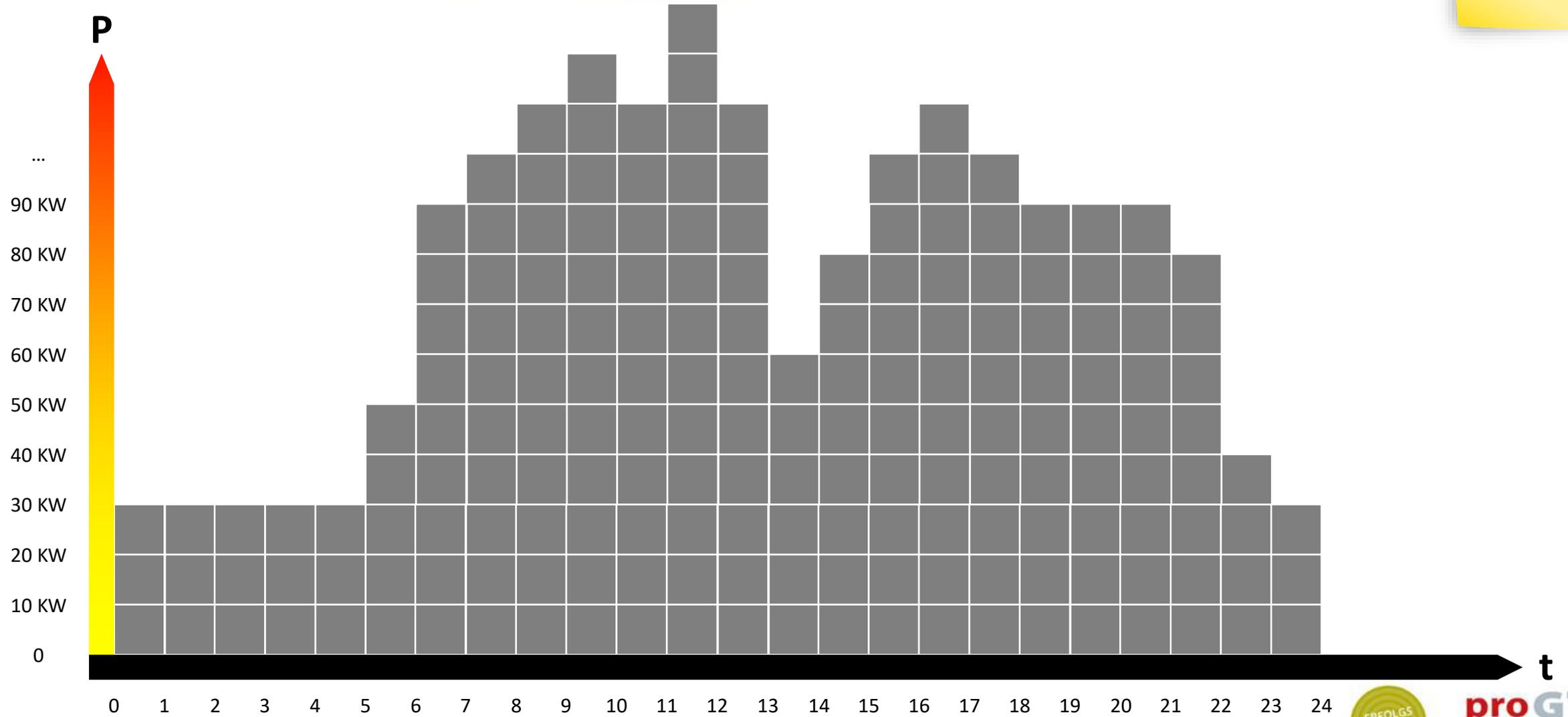
# Lastprofil eines Einschicht-Betriebs mit Verwaltung (Schema)

Last + Last-  
verteilung  
erheben



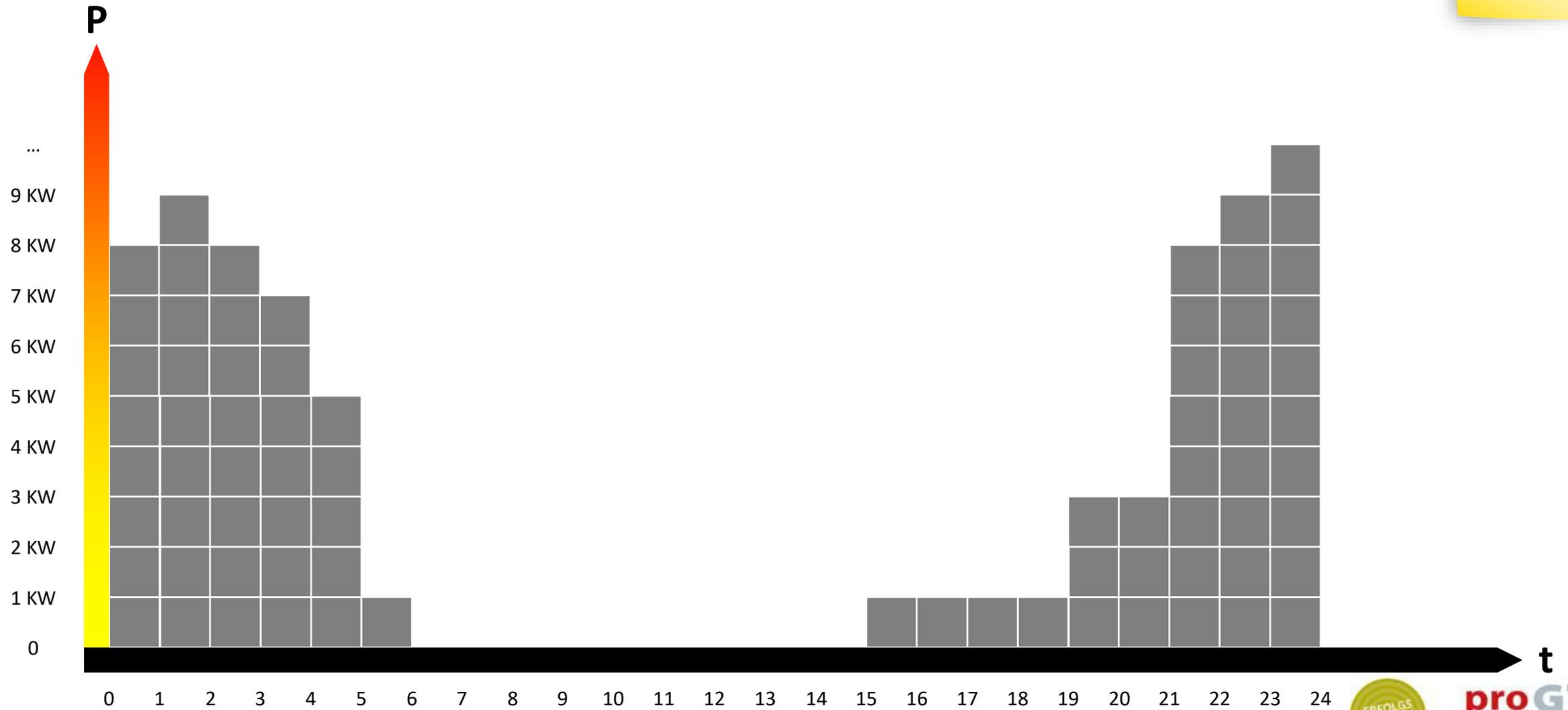
## 2 Schichten

Last + Last-  
verteilung  
erheben

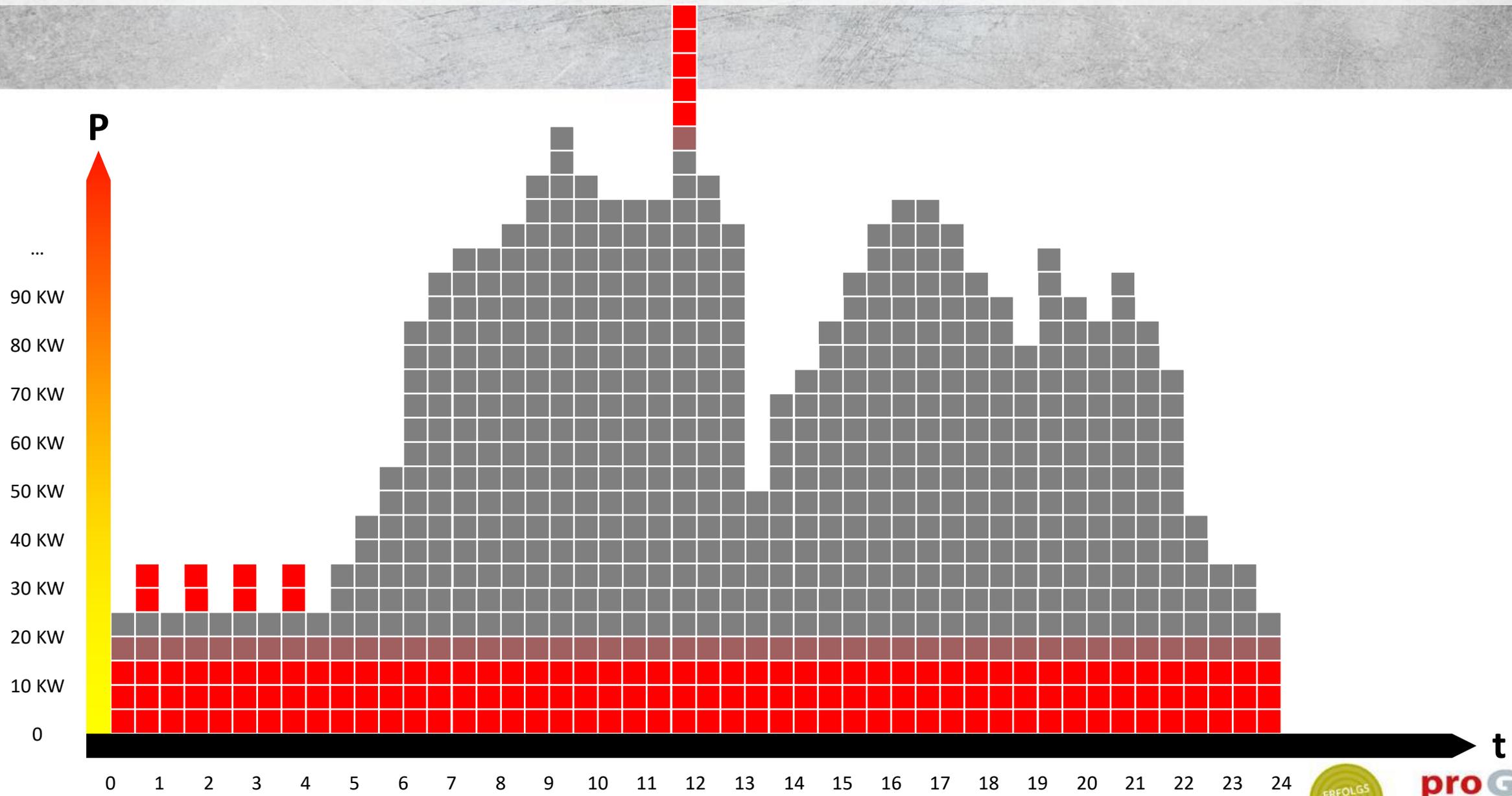


# kleine Diskothek

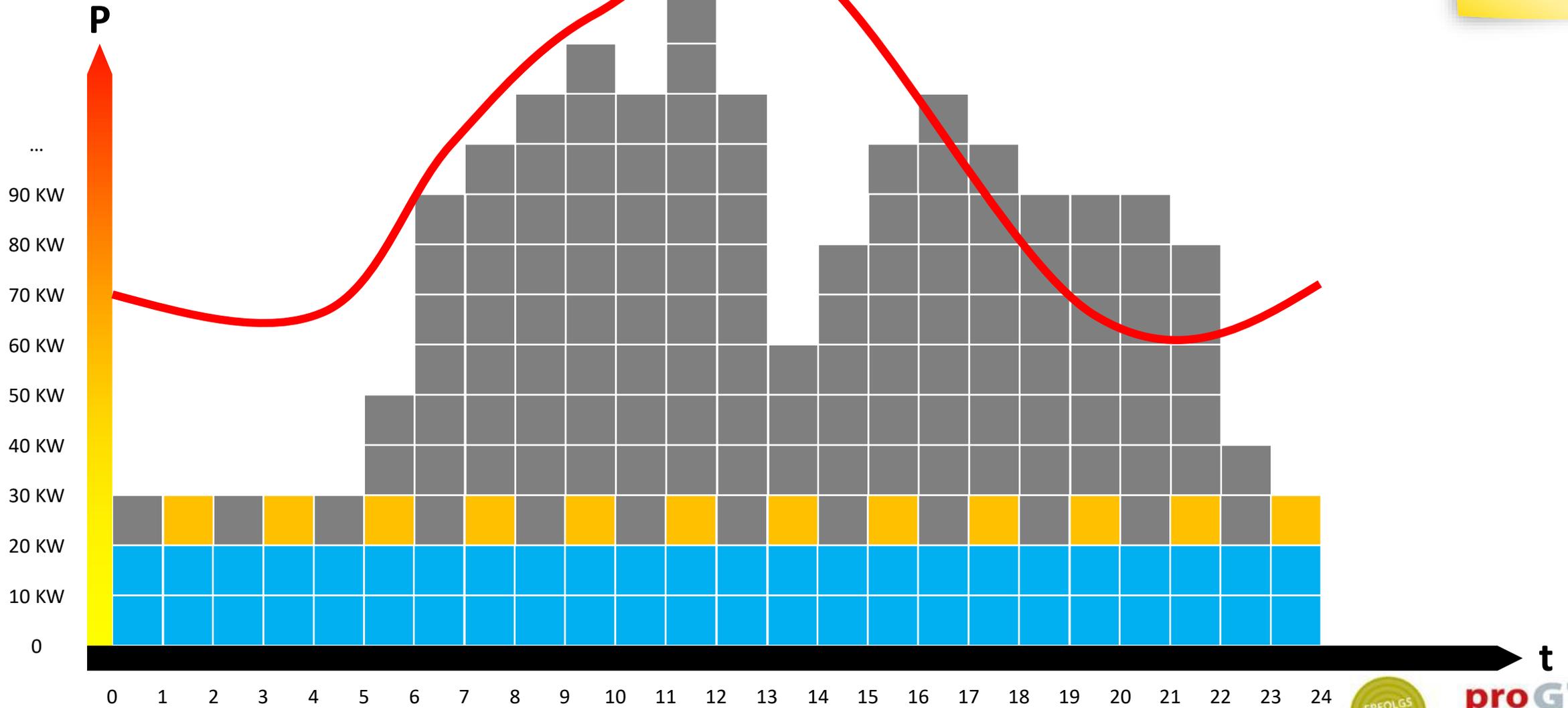
Last + Last-  
verteilung  
erheben



Lastganganalyse kann Verschwendung offenbaren. Hier zu hinterfragen: bedeutsame Spitze kurz vor Mittag, Takten in der Nacht, hohe Grundlast.

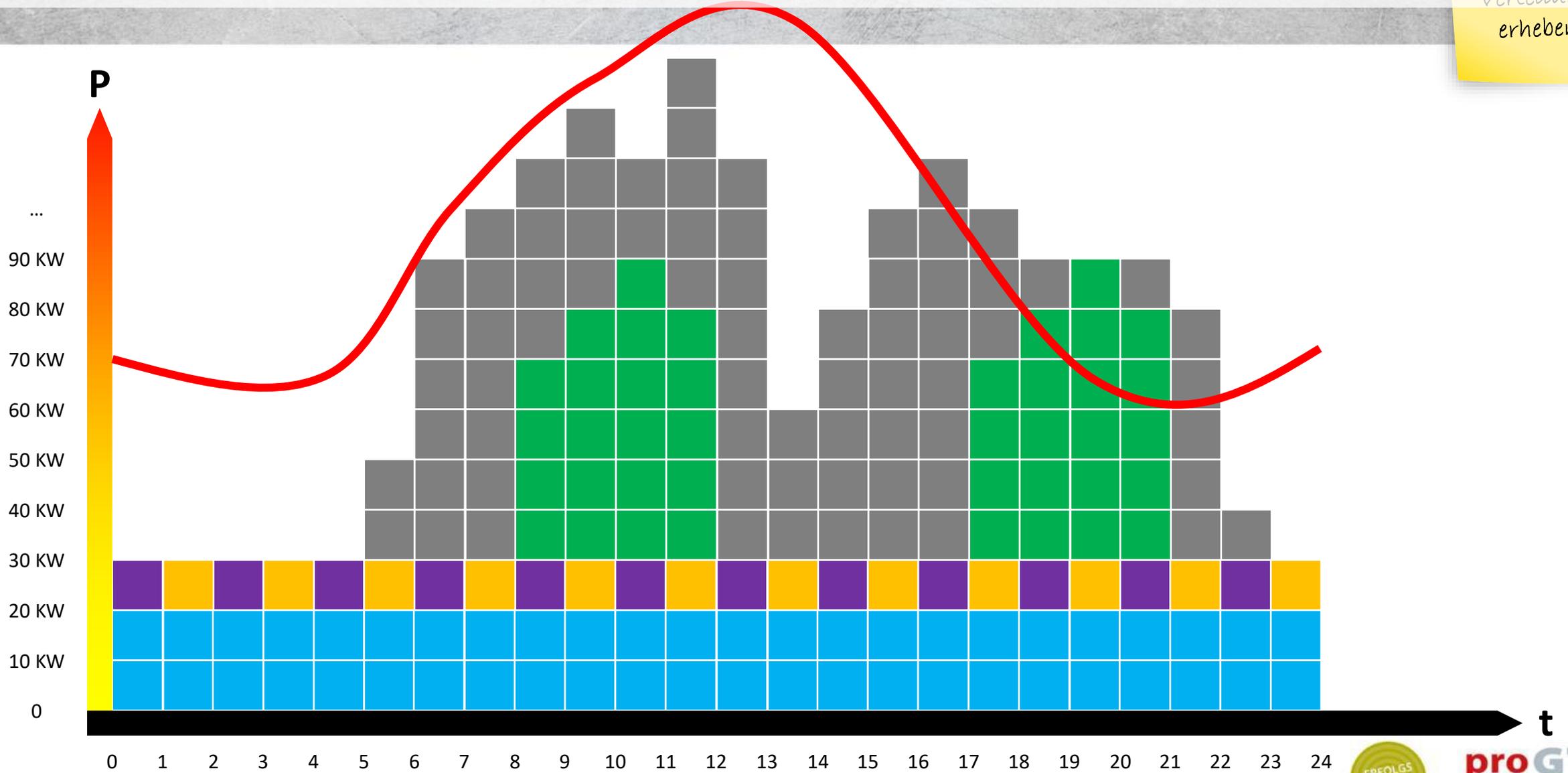


Last + Last-  
verteilung  
erheben



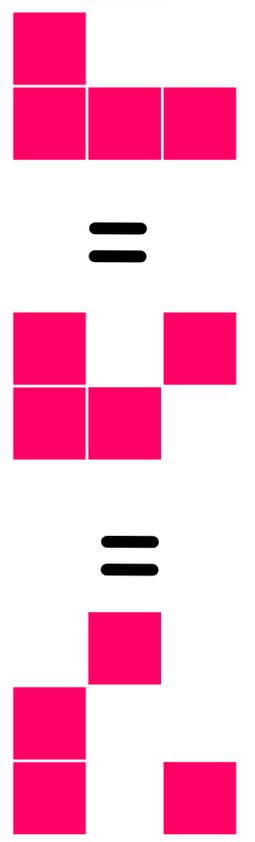
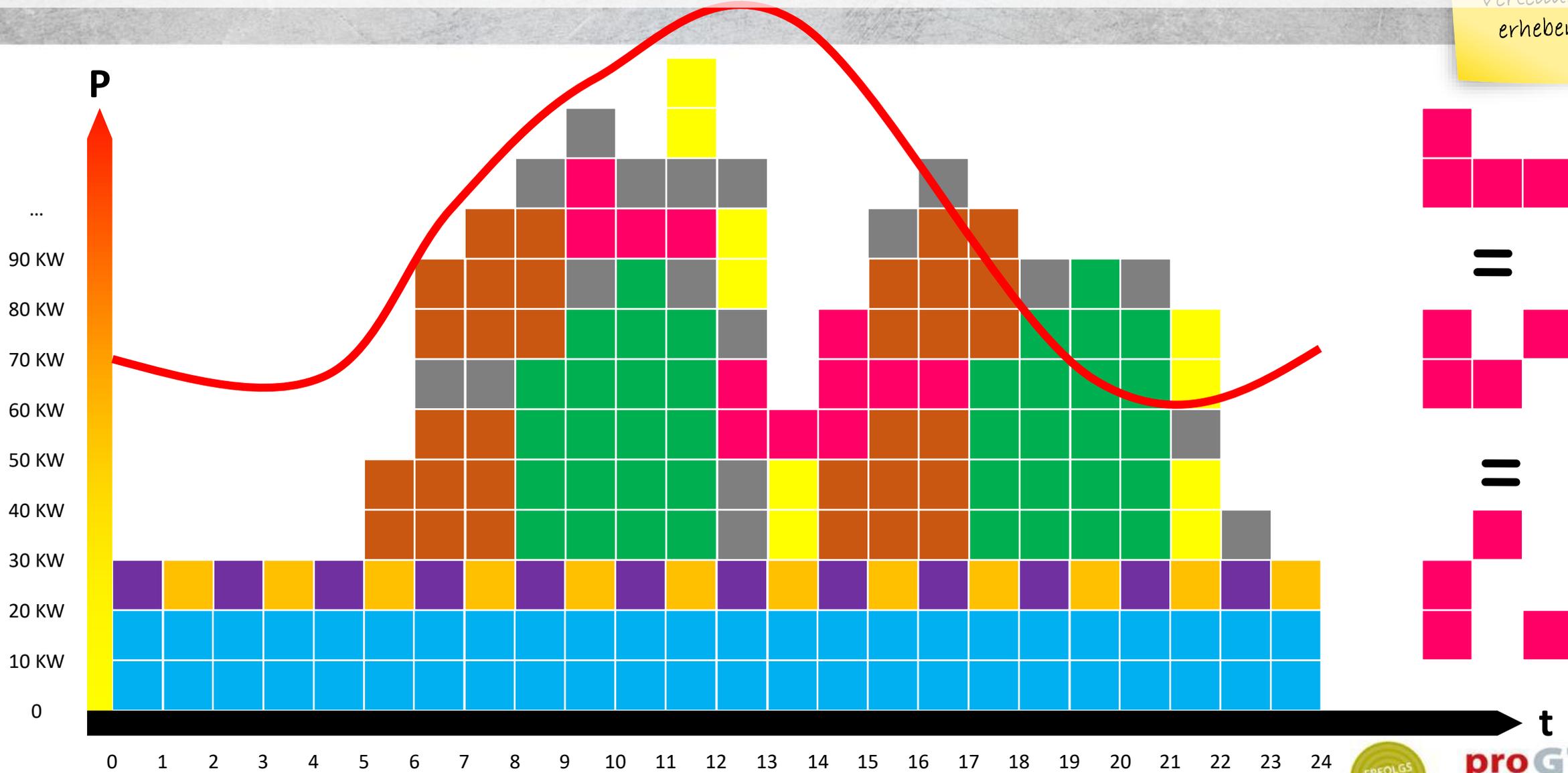
Die Lastprofile einzelner Anlagen (bunte Kästchencluster) addieren sich zu einem gesamt Lastprofil

Last + Last-  
verteilung  
erheben

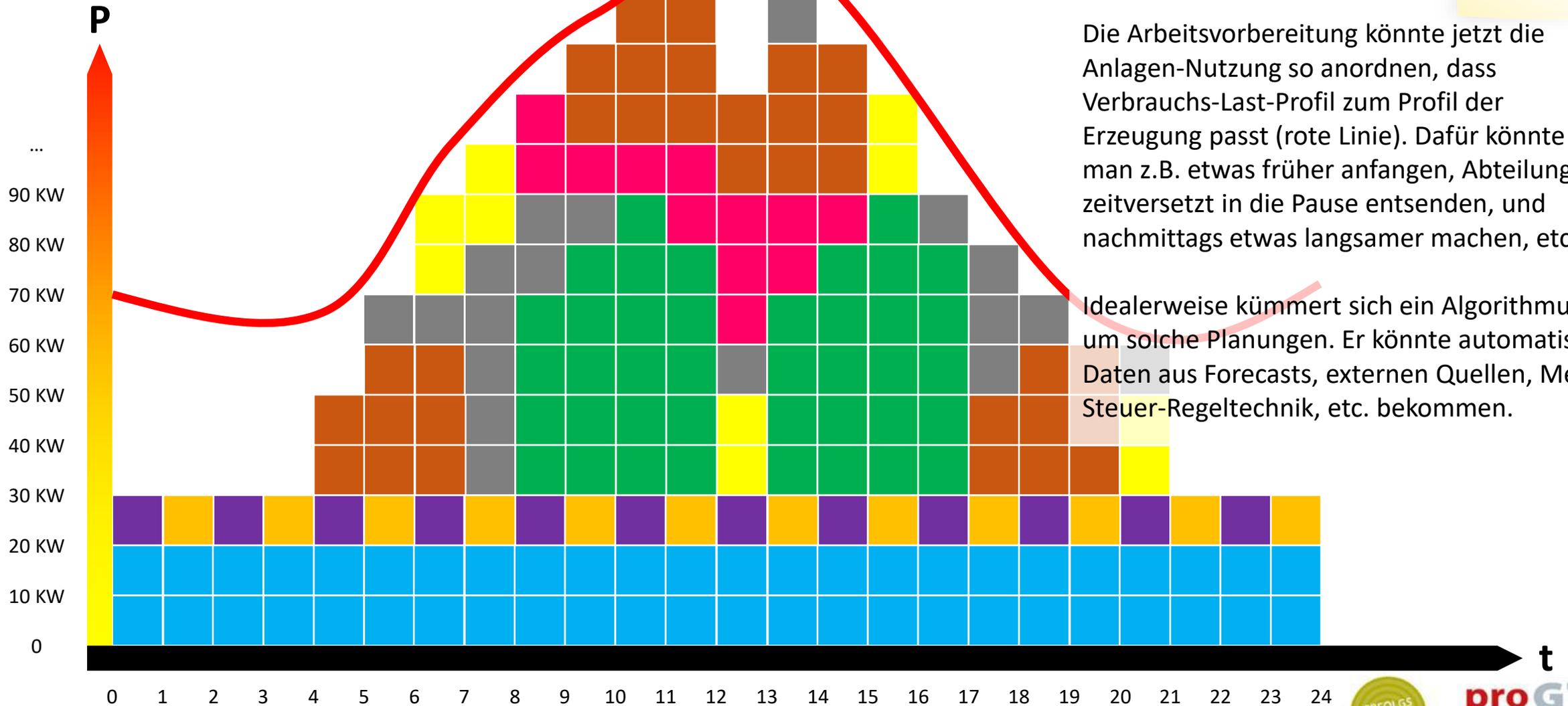


Die Lastprofile einzelner Anlagen (bunte Kästchencluster) addieren sich zu einem gesamt Lastprofil

Last + Last-  
verteilung  
erheben



Last + Last-  
verteilung  
erheben

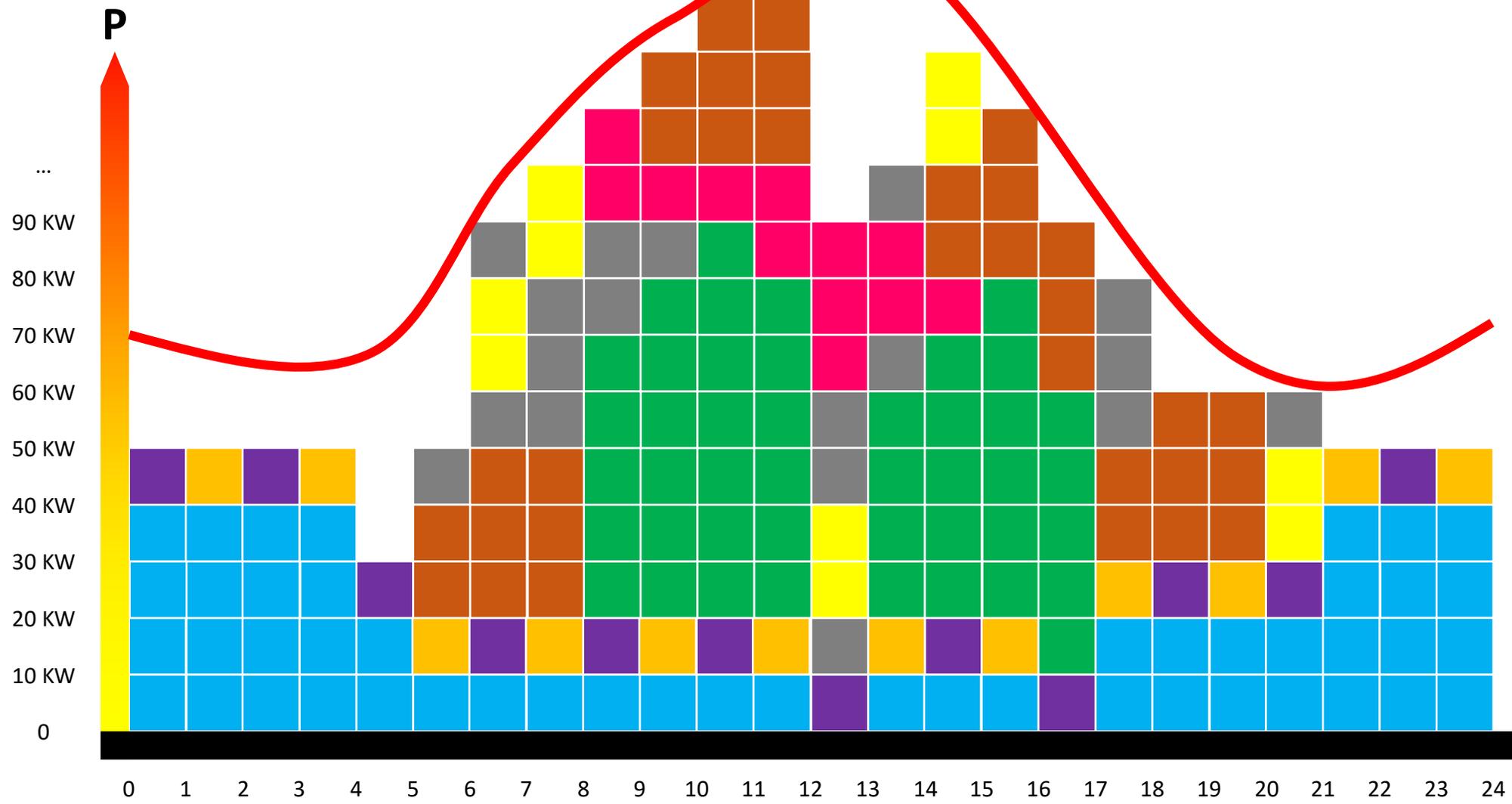


Die Arbeitsvorbereitung könnte jetzt die Anlagen-Nutzung so anordnen, dass Verbrauchs-Last-Profil zum Profil der Erzeugung passt (rote Linie). Dafür könnte man z.B. etwas früher anfangen, Abteilungen zeitversetzt in die Pause entsenden, und nachmittags etwas langsamer machen, etc.

Idealerweise kümmert sich ein Algorithmus um solche Planungen. Er könnte automatisch Daten aus Forecasts, externen Quellen, Mess-Steuer-Regeltechnik, etc. bekommen.

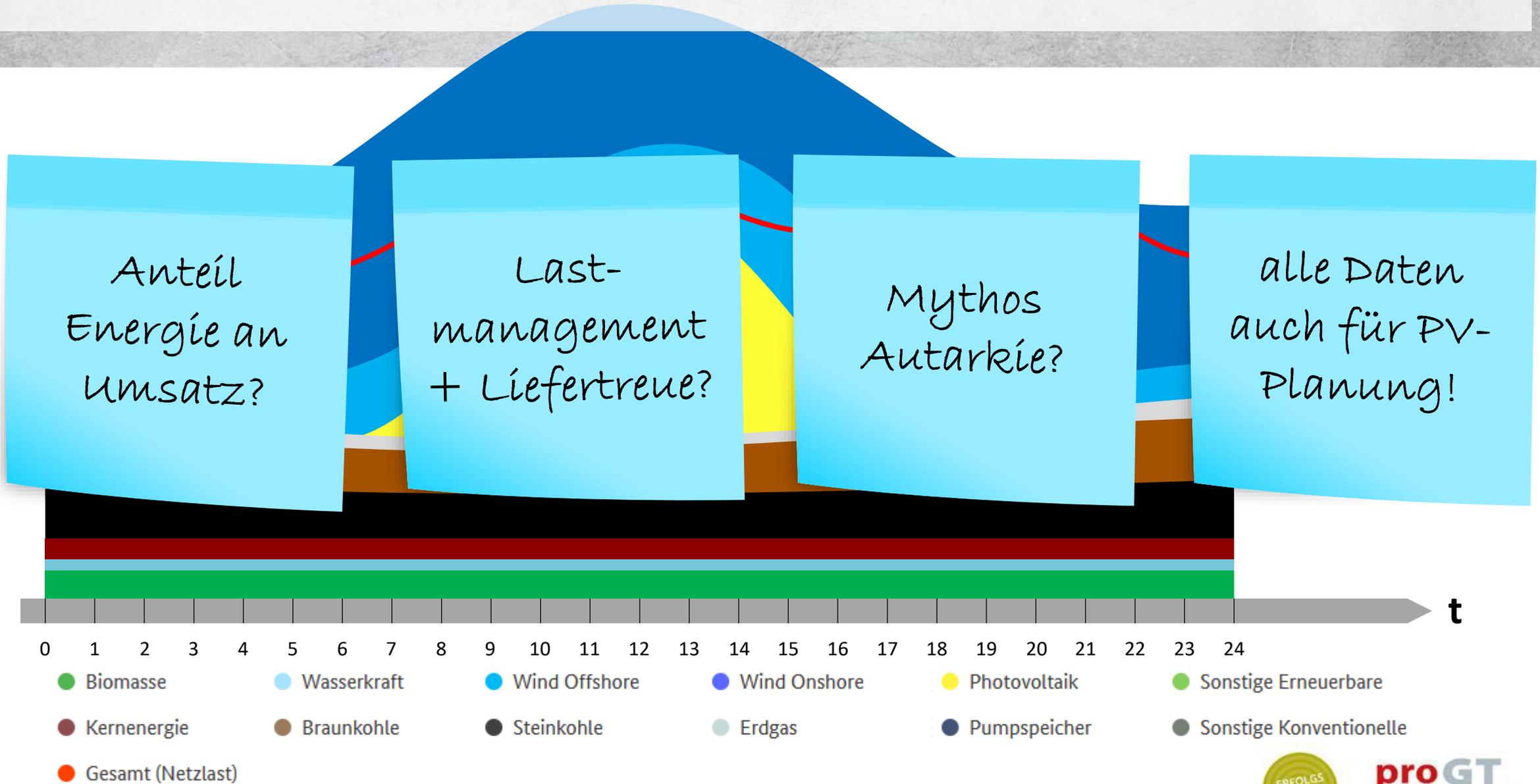


Last + Last-  
verteilung  
erheben



...oder das Kühlhaus  
nachts richtig kalt machen  
und tagsüber auf  
Kühlleistung verzichten...

Ob sich die Flexibilisierung des Energieverbrauchs lohnt, hängt von einigen Faktoren ab, z.B. ...



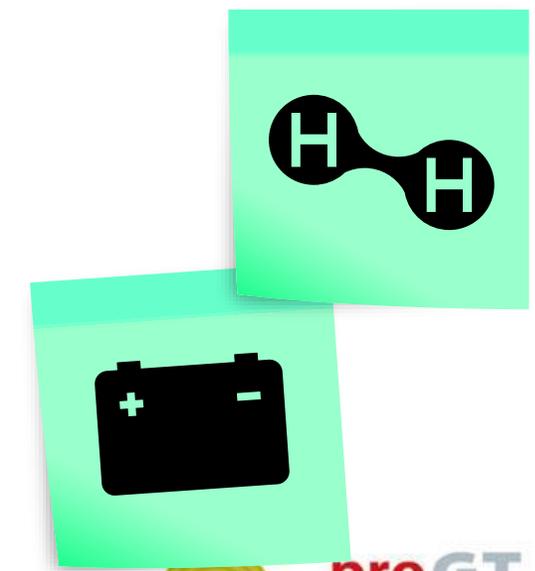
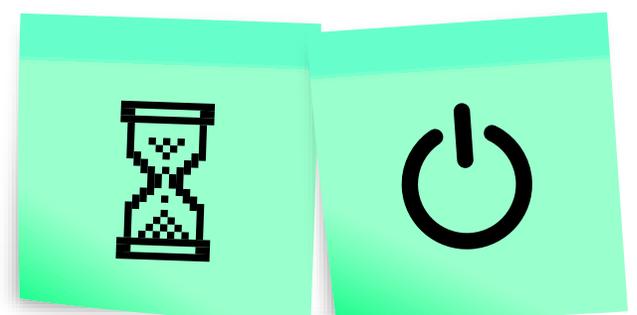
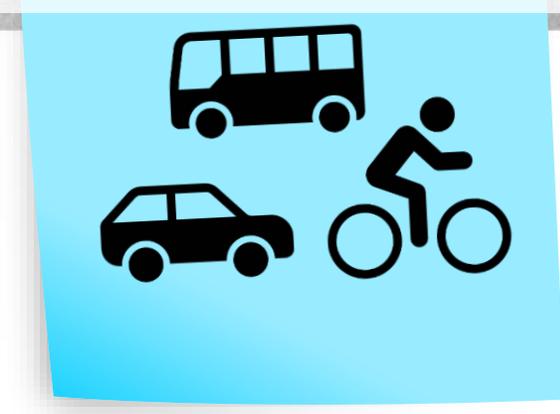
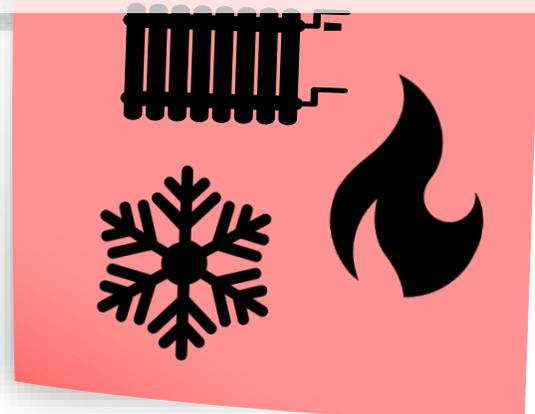
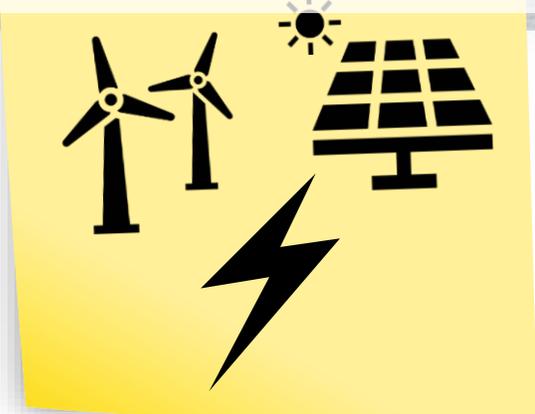
Flexibilitäten  
suchen +  
schaffen

Sektor

Puffer  
(Auswahl)

Flexibilisierung kann besonders einfach durch Sektorenkopplung erreicht werden. Z.B. kann überschüssiger Strom zum Aufheizen eines Wassertanks, oder zum Laden eines e-Mobils verwendet werden.

Prinzipiell lässt sich jeder Energieform in eine andere wandeln (chemische in Strom, Strom in Wärme, Wärme in Bewegung, Bewegung in Strahlung, Strahlung in Wärme, ... ⚠ As herrschen erhebliche Unterschiede beim Wirkungsgrad



Viel Potenzial (auch für Energieeffizienz steckt in den sog. Querschnittstechnologien, also in Versorgungstechnik, die in vielen Unternehmen (mit unterschiedlichem Zweck) zum Einsatz kommt.

Heizen +  
Prozess-  
Wärme

Beleuchtung

Druckluft

Mobilität

IKT  
(Informations-,  
Kommunikations-  
Technik)

## Ø-Technologien

Kühlen +  
Prozess-  
Kälte

Raum-  
Luft-  
Technik

Trocknen/  
Befeuchten

Steuern/  
Regeln

Kälte/  
Klima

Antriebe

Motoren

Drehzahl-  
Regelung

Ventilatoren

Pumpen

Peripherie

Server

Informationstechnologie.

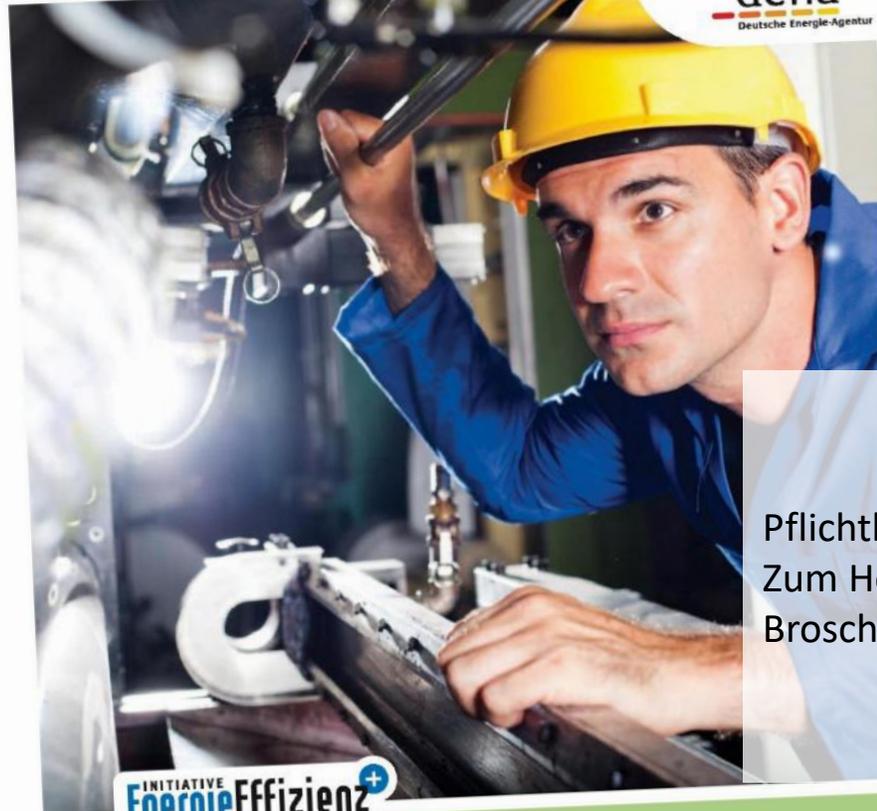
Einsparpotenzial häufig

75%



Bildquelle:  
dena

Beleuchtung.



dena  
Deutsche Energie-Agentur

INITIATIVE  
**EnergieEffizienz+**  
Unternehmen & Institutionen

Energieeffizienz in kleinen und  
mittleren Unternehmen.

Energiekosten senken. Wettbewerbsvorteile sichern.

Pflichtlektüre!  
Zum Herunterladen:  
Broschüre anklicken

Lüftungstechnik.

Einsparpotenzial häufig

25%



Gebäude.

Einsparpotenzial bis zu

60%



# Überblick: DAS geht immer

Durchführung  
Energie-Audit  
(DIN EN 16247-1)

Teilnahme  
ÖkoProfit

Teilnahme  
Energie-  
Scouts OWL

Anmeldung  
IHK-Newsletter  
Energie + Umwelt  
(IHK Lippe)



Möglichst NICHT von schnellen „geht NICHT“ beeindrucken lassen. Immer Kosten für Status Quo und Alternativen über DIESELBE Laufzeit vergleichen.

Flexibilitäten  
bewerten

Maßnahme  
XY?

Zu welchen  
Kosten  
geht 's?

Und was  
kostet  
NIXTUN?

geht nicht!



Immer alle 3 Werte zum Vergleich von Alternativen verwenden:

Flexibilitäten  
bewerten

Maßnahme  
XY?

Einsparung  
(Nutzen)

Zu welcher  
Kosten-  
geht's?

Und was  
kostet  
NIXTUN?

Invest

Lebens-  
dauer



Dieses Excel-Werkzeug zeigt gleichzeitig die Amortisationsdauer UND den Kontostand über die Lebensdauer an.  
 (Amortisationsdauer ≈ Schnittpunkt mit Zeitachse;  
 Lebensdauer ≈ Länge der Zeitachse)

Flexibilitäten  
bewerten

Effizienz-Maßnahme: Nutzung eigenen Solarstroms

jährliche Einsparung	2.100 €
Investition	24.000 €
Lebensdauer	20 Jahre

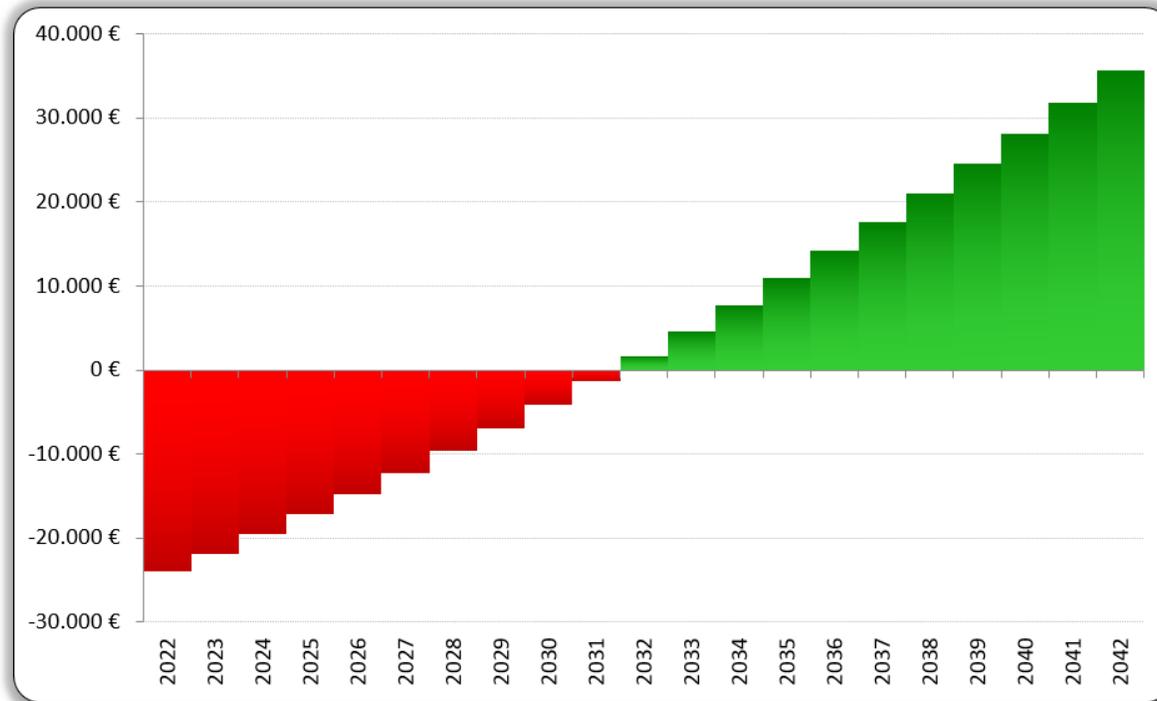
Startjahr	2022
Umsatz d. Unternehmens	800.000 €

Finanzierung?	nein
Laufzeit	10 Jahre
Darlehens-Zins	2,00 %

Energiepreiserhöhung?	ja
jährliche Steigerung	4,00 %

Einsparung nach 20 Jahren:	59.640 €
Amortisationszeit:	11,43 Jahre

Bei einer Umsatzrendite von 12,0 % müsste der Umsatz des Unternehmens um 2,2 % gesteigert werden, um denselben Gewinn zu erzielen, den die Effizienz-Maßnahme einbringt.



Darstellung: Normal



funktioniert auch mit dynamischen Werten / exponentiellem Wachstum

Flexibilitäten  
bewerten

Effizienz-Maßnahme Beispiel mit übertriebenener Energiepreis-Steigerung

jährliche Einsparung	2.000 €
Investition	22.000 €
Lebensdauer	25 Jahre

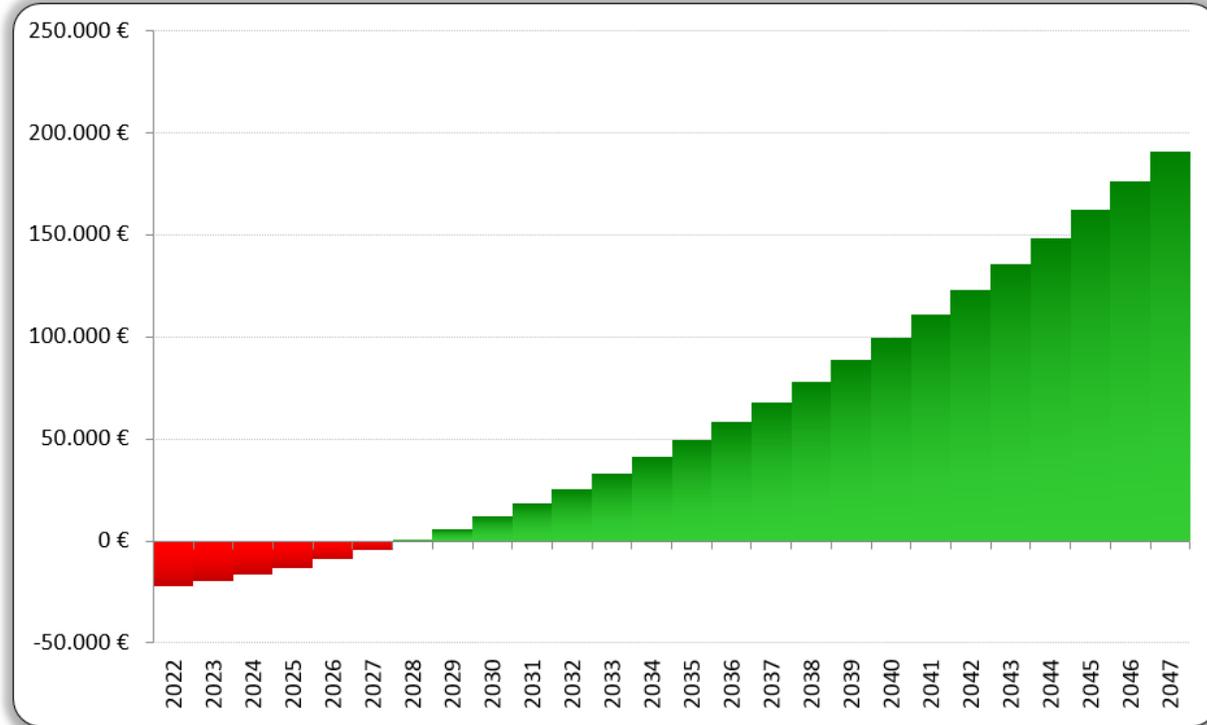
Startjahr	2022
Umsatz d. Unternehmens	800.000 €

Finanzierung?	nein
Laufzeit	10 Jahre
Darlehens-Zins	2,00 %

Energiepreiserhöhung?	ja
jährliche Steigerung	25,00 %

Einsparung nach 25 Jahren:	212.500 €
Amortisationszeit:	≈ 5,90 Jahre

Bei einer Umsatzrendite von 12,0 % müsste der Umsatz des Unternehmens um 2,1 % gesteigert werden, um denselben Gewinn zu erzielen, den die Effizienz-Maßnahme einbringt.



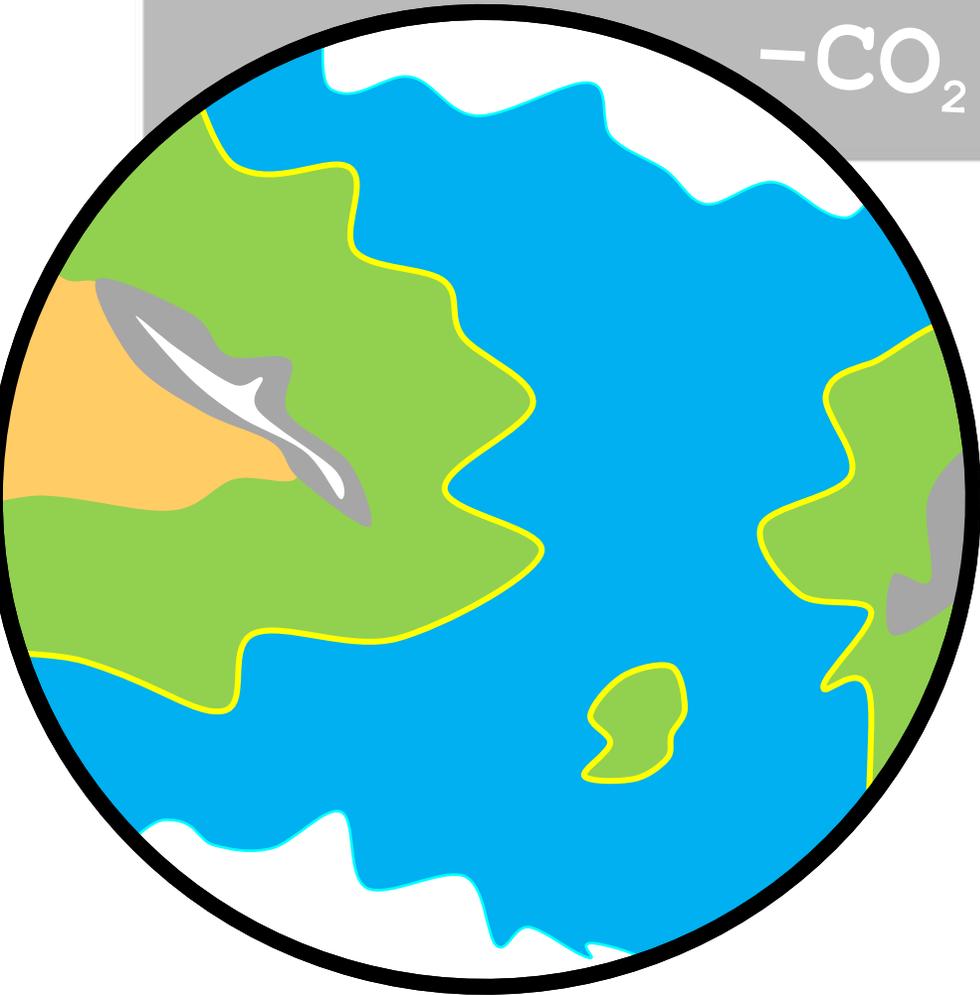
Darstellung: Normal



# ÖKO-Förderwelt

Förderketten verketteten Fördermittel

-CO<sub>2</sub>



**Energieberatung<sub>KMU</sub>**  Förderquote  
absoluter Förder-Betrag

führt zu

**Effizienz-Maßnahmen** 

erfordern gelegentlich

**Sanierungsfahrpläne** 

führen gelegentlich zu

**Transformationskonzept** 



**proGT**  
Wirtschaft  
ERFOLGREICH IM KREIS GÜTERSLOH

## gutes Werkzeug:

Förder-Navi der ehem.  
EnergieAgenturNRW (E4C)



**FÖRDER.NAVI**

### Für wen?

- Projektverantwortliche in Unternehmen
- alle Unternehmensgrößen

### Wie viel?

- kostenfreie Nutzung

### Für was?

schneller und aktueller Überblick über die Förderlandschaft Energie/Umwelt. Gut: Filter-Option z.B. für:

- Sektoren (Unternehmen, Kommunen, Mobilität,...)
- Vorhaben
  - Erneuerbare Energien
  - Gebäude und Wärme
  - Energie- & Ressourceneffizienz
  - Mobilität
  - ...

[Zum Portal!](#) 



**proGT**  
Wirtschaft  
ERFOLGREICH IM KREIS GÜTERSLOH

Ich helfe gern bei organisatorischen oder  
technischen Baustellen in Ihrem Betrieb.  
Bitte rufen Sie bei Bedarf einfach an!



☎ 05241 85-1461

@ p.bruebler@prowi-gt.de

in /pbruebler



**proGT**  
Wirtschaft  
ERFOLGREICH IM KREIS GÜTERSLOH