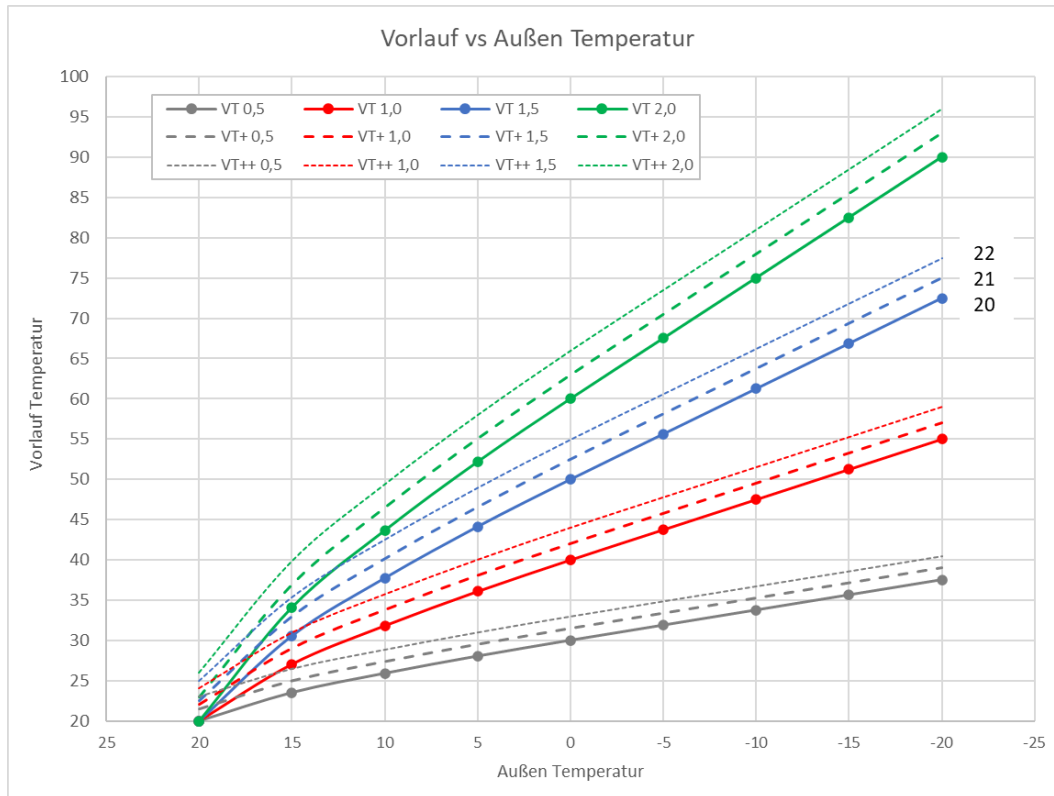


# Heizungs-Optimierung



## Inhaltsverzeichnis

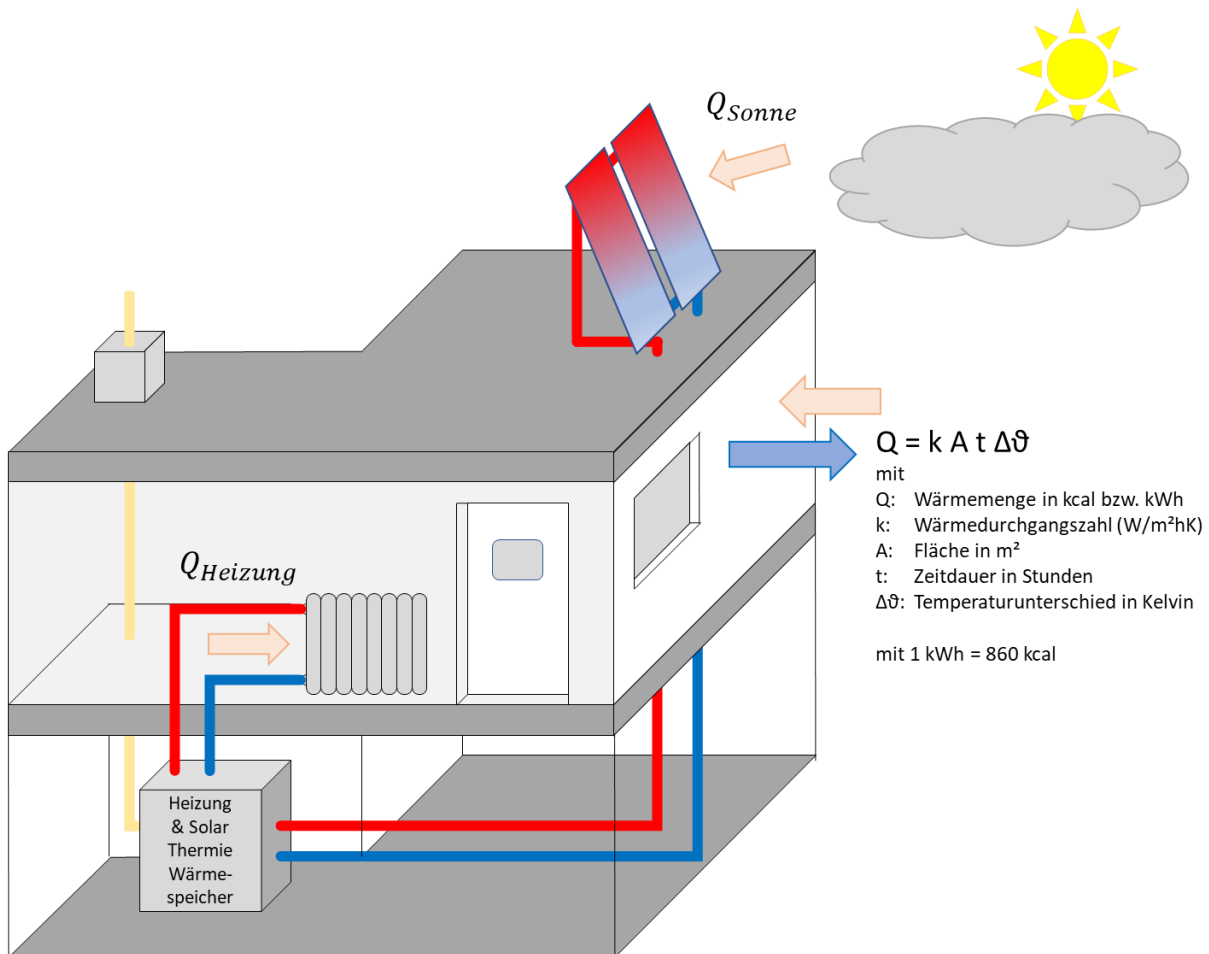
1. Aufgabenstellung – Die optimale Heizung.....	2
2. Die Kennlinie einer Heizung.....	3
3. Die mittleren Außen-Temperaturen.....	4
4. Der aktuelle Energie Verbrauch.....	6
5. Die Optimierung der Heizung .....	8
6. Zusammenfassung.....	8
7. Literaturverzeichnis/ Dokumente.....	9

Autor: Michael Bischoff, Parkstr. 49, D-89250 Senden  
Mail: [michael.h.bischoff@t-online.de](mailto:michael.h.bischoff@t-online.de)

## 1. Aufgabenstellung – Die optimale Heizung

Der größte Energie Verbraucher und damit auch der wesentliche Kostentreiber führt im allgemeinen ein stilles zurückgezogenes Leben im Keller eines Hauses. Eigentlich müsste die Öl- oder Gasheizung viel mehr im Fokus stehen, wenn man die finanziellen und Umweltaspekte richtig beachten würde.

Die Heizung ist mit ihrer internen Einstellung/ Logik das zentrale Element um die Energiekosten zu optimieren. Die im Haus durch die Heizung erzeugte Energiemenge in Form von mehr oder weniger warmen Wasser wird im Haus über die Heizkörper verteilt, dabei ggf. durch äußere Solarstrahlung der Sonne unterstützt und verlässt schlussendlich durch mehr oder weniger gut isolierte Wände (mit Türen und Fenstern) und vor allem durch das hoffentlich gut isolierte Dach das Haus.



Die notwendige Anpassung der Energie- / Wärmeerzeugung in Abhängigkeit von den äußeren thermischen Bedingungen erfolgt durch eine „Heizungskennlinie“ die die notwendige Vorlauftemperatur zu den Heizkörpern mit der gewünschten inneren Raumtemperatur als Funktion der Außentemperatur regelt.

Die „Heizungskennlinie“ steuert die Ein-/ Ausschaltzeiten des internen Öl-/Gasbrenner und ist das zentrale Element der Heizung. Mit der richtigen Wahl der einzustellenden Parameter lassen sich die Energiekosten auf das physikalisch Machbare minimieren. Ein schlecht isoliertes Haus verbraucht halt mehr Energie als ein gut isoliertes Haus. Eine schlecht eingestellte Heizung erzeugt aber manchmal auch unnötig viel Wärme.

## 2. Die Kennlinie einer Heizung

Eine typische Heizungskennlinie (hier beispielhaft von der Firma Solvis GmbH) kann wie folgt definiert werden.

$T_{au\beta en}$  die Außentemperatur am Haus

$T_{raum}$  die gewünschte Raumtemperatur

$HZ_{steil}$  die Steilheit der Heizungskennlinie

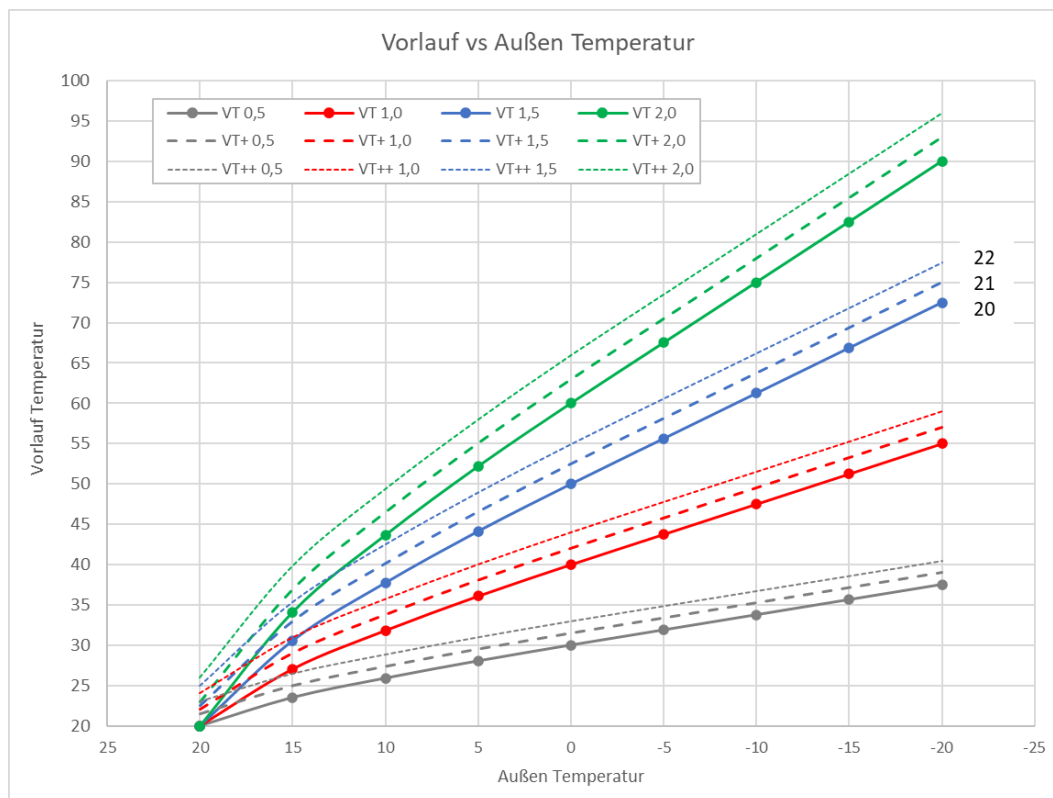
$HZ_{delta} = 5 * HZ_{steil}$  eine interne Hilfsgröße der Steilheit

Für Außen Temperaturen zwischen 20 und 0 Grad berechnet sich die Vorlauf Temperatur wie folgt:

$$V_T = -HZ_{delta} * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(T_{raum} - 20 + T_{au\beta en})^2}{T_{raum} * T_{raum}}} \right) + T_{raum} * (1 + HZ_{steil}) - \frac{3}{4} * HZ_{steil} * T_{au\beta en}$$

Für Außen Temperaturen zwischen 0 und minus 20 (oder kälteren) Grad ergibt sich ein linearer Zusammenhang

$$V_T = T_{raum} * (1 + HZ_{steil}) - \frac{3}{4} * HZ_{steil} * T_{au\beta en}$$



Vorlauftemperatur bei einer Kennliniensteilheit von 0,5 / 1 / 1,5 bzw. 2 und gewünschten Raumtemperaturen von 20/ 21 bzw. 22 Grad Celsius

Die richtige Einstellung der Heizungssteilheit wird wesentlich durch die Isolierung des Hauses bestimmt, während die gewünschte Raumtemperatur linear in die Vorlauf Temperatur einght.

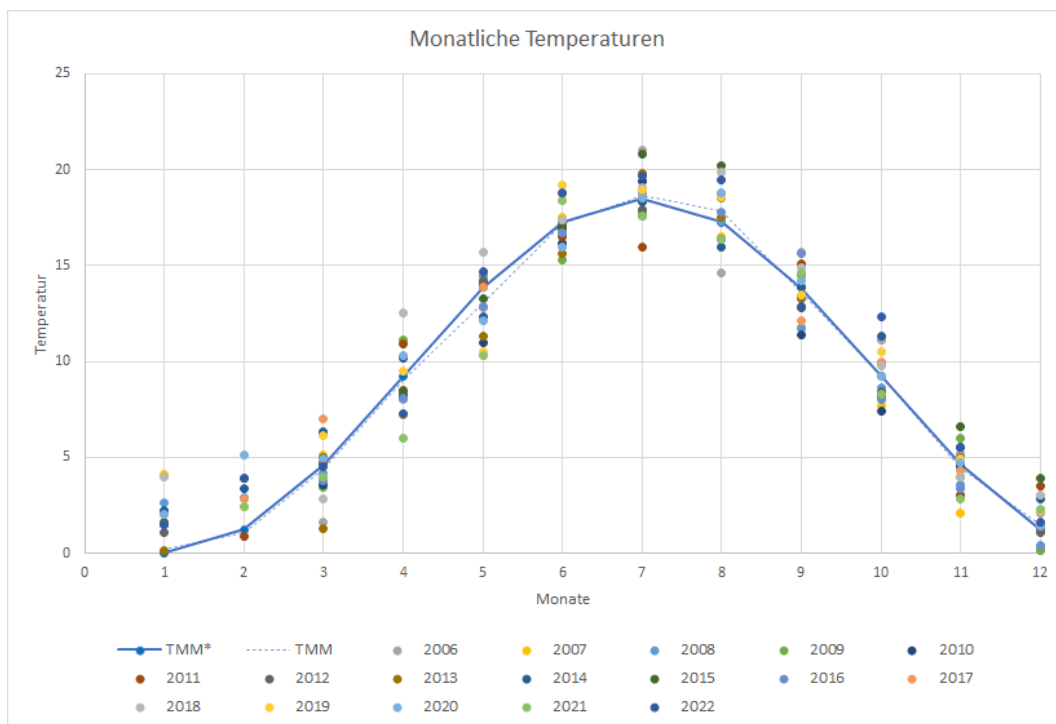
Was kann man nun mit dieser Kennlinie anfangen?

1. Bei Kenntnis der mittleren Temperatur in der Heizsaison von Oktober bis April kann auf einfache Art die Einsparung des Energieverbrauches (ob nun Öl, Gas, Fernwärme oder Wärmepumpen) bestimmt werden.
2. Kennt man den bisherigen monatlichen/ wöchentlichen Energieverbrauch kann auf dieser Basis auch eine gezielte Analyse zur Optimierung vorgenommen werden.

In den beiden nächsten Kapiteln wird der Versuch gemacht eine optimale Grundlage für die Beantwortung obiger Fragen zu legen.

### 3. Die mittleren Außen-Temperaturen

Die wichtigste Information bei einer Optimierung der Heizung ist natürlich die Kenntnis der aktuellen Temperatur am Ort. Dazu bietet der Deutsche Wetterdienst (DWD) auf seiner Webseite alle notwendigen Informationen. Beim DWD gibt es für 86 wichtige Orte in Deutschland eine tägliche/ monatliche Darstellung der Temperatur und der Sonnenstrahlung. Einer dieser Referenzorte kann man dann für seine aktuelle Hausposition verwenden und u.a. Graphik erstellen.



Quelle: Deutscher Wetterdienst, Daten für Augsburg - Lit.: (1), die durchgezogene blaue Linie stellt die mittlere modellierte Temperatur TMM\* in den Monaten Januar bis Dezember dar

Man erkennt sehr schön das die mittlere Temperatur TMM in etwa durch eine Sinus- bzw. Cosinus Funktion angenähert werden kann die um einen gewissen Monatsdelta verschoben wird. In Mitteleuropa/ Deutschland ist Juli der wärmste Monat des Jahres und Januar der kälteste Monat.

Die blaue Linie im Diagramm kennzeichnet die Modellfunktion der mittleren Temperatur TMM\*

- $T_{\text{delta}}$  Temperaturmaximum Verschiebung um x Monate im Jahr
- $T_{\text{max}}$  Temperaturmaximum im Jahr
- $T_{\text{min}}$  Temperaturminimum im Jahr
- Monat Monatszahl von Januar (1) bis Dezember (12)
- TMM mittlere Monatstemperatur am Ort gemäß Deutschem Wetter Dienst

Damit kann man die Modellfunktion der mittleren Monats Temperatur TMM\* mit Hilfe einer Cosinus Funktion wie folgt darstellen.

$$TMM^* = \frac{(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})}{2} * \left[ 1 + \cos\left(\frac{(\text{Monat} + T_{\text{delta}})}{6} * \pi\right) \right]$$

Durch richtige Wahl der o.a. Parameter ist das Temperaturverhalten am Ort sehr gut modellierbar.

Temperatur		Eingabewerte sind die MonatsMittelwerte des deutschen Wetterdienstes für Augsburg																			TMM* Modellfunktion		
Monate	TMM	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TMM*	5	T_delta	
Dez	12	1,48	2,1	0,3	0,2	0,11	-2,7	3,5	1,1	1,4	2,8	3,9	0,4	1,5	3	2,2	1,4	2,3	1,6	1,24	18,5	T_Max	
Nov	11	4,42	5,2	2,1	3,6	6	4,5	3	5	4	5,5	6,6	3,4	4,3	4	4,9	4,7	2,8	5,5	4,63	0	T_Min	
Okt	10	9,24	11,1	7,7	8,6	8,1	7,4	8,2	8,4	9,9	11,3	8,2	8	10	9,8	10,5	9,2	8,3	12,3	9,25			
Sep	9	13,61	15,7	11,8	11,7	14,5	11,4	15,1	13,4	13,3	13,9	12,8	15,6	12,1	14,9	13,5	14,2	14,6	12,9	13,88			
Aug	8	17,88	14,6	16,5	17,3	18,5	16,4	18,6	18,7	17,5	16	20,2	17,8	18,6	19,9	18,6	18,8	16,4	19,5	17,26			
Juli	7	18,67	21,0	17,7	17,6	17,7	19,4	16	17,9	19,8	18,3	20,8	18,8	18,6	19,1	18,9	18,5	17,6	19,7	18,50			
Juni	6	17,15	16,8	17,5	17,3	15,3	16,2	16,5	17,1	15,6	17	17	16,7	18,7	17,4	19,2	16	18,4	18,8	17,26			
Mai	5	13,06	12,8	14,4	14,5	14,1	11	14,1	14,2	11,3	12,3	13,3	12,9	13,9	15,7	10,5	12,1	10,3	14,7	13,88			
April	4	9,05	8,0	11,1	8,1	11,1	8,2	10,9	8,5	8,5	10,2	8,4	8,1	7,2	12,5	9,5	10,3	6	7,3	9,25			
März	3	4,39	1,6	5,1	4,2	3,45	3,6	4,7	6,2	1,3	6,3	5	3,8	7	2,8	6,1	4,9	4	4,5	4,63			
Feb	2	1,07	-1,4	3,9	2,9	-1,1	-0,39	0,9	-4,7	-1,8	3,4	-1,4	3,9	2,8	-2,7	2,4	5,1	2,4	3,9	1,24			
Jan	1	0,23	-3,7	4,1	2,6	-4	-3,07	-0,2	1,1	0,1	2,2	1,6	1,5	-5	4	-0,5	2	-0,3	1,5	0,00			
TMM Heizperiode		4,27	3,27	4,90	4,31	3,38	2,51	4,43	3,66	3,34	5,96	4,61	4,16	3,97	4,77	5,01	5,37	3,64	5,23	4,32			



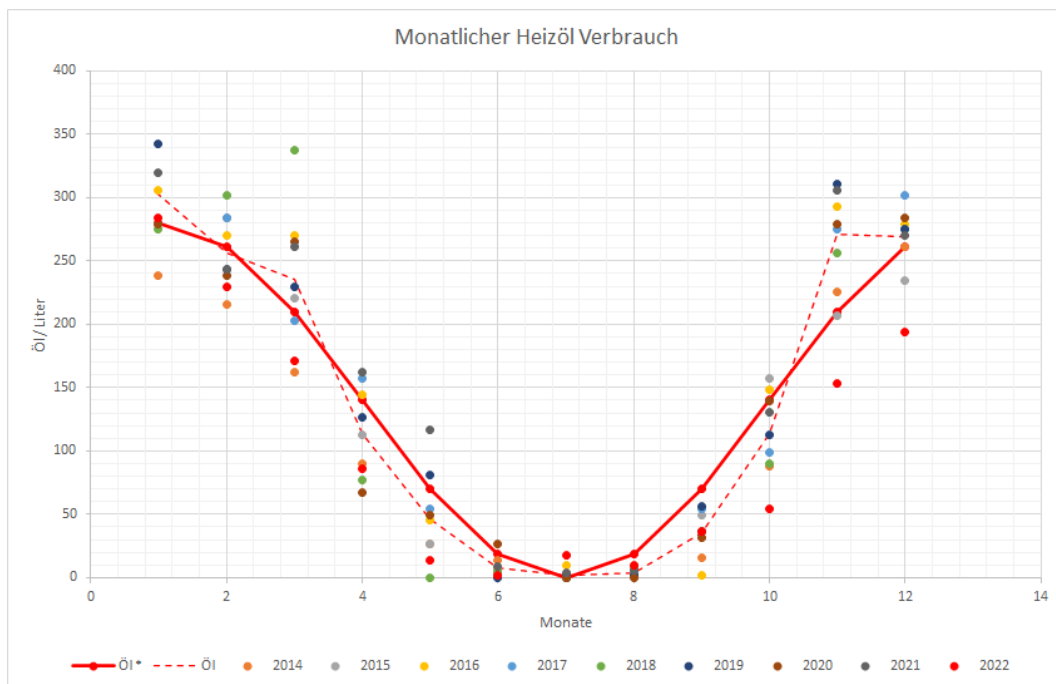
Die mittlere Temperatur TMM der Heizperiode wird aus den sieben kühlen Monaten von Oktober bis April als arithmetisches Mittel berechnet.

## 4. Der aktuelle Energie Verbrauch

Um Verbesserungen beim Energieverbrauch von Öl, Gas, Fernwärme oder elektrisch betriebenen Wärmetauscher exakt vorher zu sagen muss man den aktuellen Energieverbrauch in einer regelmäßigen Form erfassen. Bei einer Heizung kann das sein Öl in Liter pro Woche/ Monat bzw. Gas in Kubikmeter, Fernwärme in Joule bzw. elektrischem Wärmetauscher in kWh.

Ölverbrauch		Eingabewerte sind Öl pro Monat in den Jahren 2013 bis Heute										
	Monate	Öl	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Dez	12	269	243,2	261,2	234,2	279,2	301,8	274,7	274,7	283,8	270,2	194,0
Nov	11	271	288,3	225,2	207,2	292,8	274,7	256,7	310,8	279,2	306,3	153,1
Okt	10	113	53,9	87,8	157,6	148,6	99,1	90,1	112,6	139,6	130,6	54,0
Sep	9	36	40,5	15,8	49,5	2,3	54,0	36,0	55,8	31,5	36,0	36,0
Aug	8	4	2,3	5,9	4,5	2,3	4,5	9,0	1,4	0,0	5,4	9,7
Juli	7	2	2,3	3,2	0,0	9,3	0,0	0,0	1,7	0,0	3,6	18,0
Juni	6	8		13,5	4,5	6,6	4,5	4,5	0,0	27,0	9,0	2,0
Mai	5	46		27,0	27,0	45,7	54,0	0,0	81,1	49,5	117,1	13,5
April	4	114		90,1	112,6	144,1	157,6	76,6	126,1	67,6	162,1	85,6
März	3	236		162,1	220,7	270,2	202,7	337,8	229,7	265,7	261,2	171,2
Feb	2	257		216,2	283,8	270,2	283,8	301,8	243,2	238,7	243,2	229,7
Jan	1	303		238,7	279,2	306,3	405,4	274,7	342,3	279,2	319,8	283,8
<b>Öl/Jahr - gesamt</b>		<b>1659</b>		<b>1347</b>	<b>1581</b>	<b>1778</b>	<b>1842</b>	<b>1662</b>	<b>1779</b>	<b>1662</b>	<b>1865</b>	<b>1251</b>
TMM Heizperiode		<b>4,27</b>		<b>5,96</b>	<b>4,61</b>	<b>4,16</b>	<b>3,97</b>	<b>4,77</b>	<b>5,01</b>	<b>5,37</b>	<b>3,64</b>	<b>5,23</b>

Die Messwerte der Tabelle kann (z.B. im Falle einer Ölheizung) in folgender Graphik dargestellt werden und durch eine Modellfunktion in Sinus-/ Cosinus Form angenähert werden.



Der Heizölbedarf in den Monaten Januar bis Dezember, die rote Linie zeigt den modellierten Ölverbrauch, die gestrichelte rote Linie ist der Mittelwert der Jahre 2014 bis 2022

Die rote Linie kennzeichnet die **Modellfunktion  $\ddot{O}L^*$**  des mittleren Ölverbrauches  $\ddot{O}L$

- $\ddot{O}L_{\text{delta}}$  Öl Maximum Verschiebung um x Monate im Jahr
- $\ddot{O}L_{\text{max}}$  Öl Maximum Verbrauch in Liter Öl
- $\ddot{O}L_{\text{min}}$  Öl Minimum Verbrauch in Liter Öl
- Monat* Monatszahl von Januar (1) bis Dezember (12)
- $\ddot{O}L$  mittlerer Monatsverbrauch in Liter Öl pro Monat

In Anlehnung an die Modellfunktion der mittleren Temperatur mit Sinus oder Cosinus Funktionen kann man hier analog einen ähnlichen Ansatz machen.

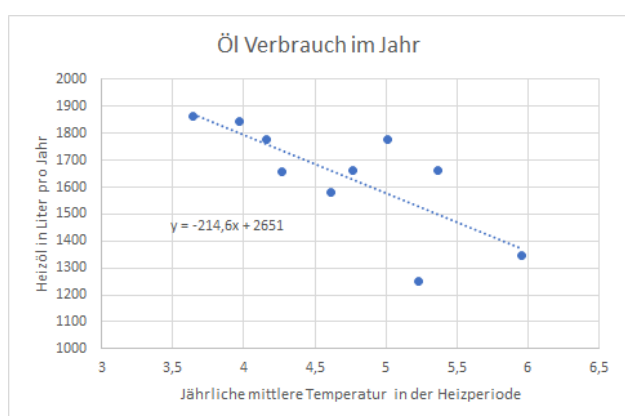
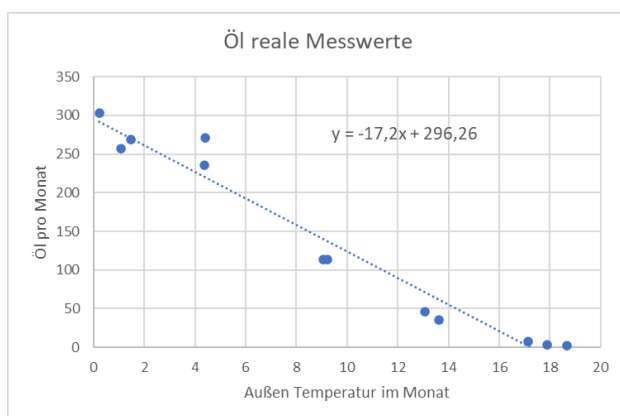
Damit kann dann die Modellfunktion für den monatlichen Energieverbrauch wie folgt dargestellt werden.

$$\ddot{O}L^* = \frac{(\ddot{O}L_{\text{max}} - \ddot{O}L_{\text{min}})}{2} * \left[ 1 + \cos\left(\frac{(\text{Monat} + \ddot{O}L_{\text{delta}})}{6} * \pi\right) \right]$$

Öl reale Messwerte	
TMM	Öl
1,48	269
4,42	271
9,24	113
13,61	36
17,88	4
18,67	2
17,15	8
13,06	46
9,05	114
4,39	236
1,07	257
0,23	303
	<b>1659</b>

Öl* Modellfunktion	
TMM*	Öl *
1,24	261
4,63	210
9,25	140
13,88	70
17,26	19
18,50	0
17,26	19
13,88	70
9,25	140
4,63	210
1,24	261
0,00	280
	<b>1680</b>

Öl_delta	-1
Öl_max	300
Öl_min	20



Der reale Öl Verbrauch pro Monat ist eine lineare Funktion der Außentemperatur. Der jährliche Bedarf hängt von der mittleren Temperatur in der Heizperiode ab und fällt (im aktuellen Fall) mit etwa 200 Liter pro Grad.

## 5. Die Optimierung der Heizung

Mit den verfügbaren Daten der Außentemperaturen und des Energieverbrauchs lässt sich anhand der Heizungs-Kennlinie leicht die Einsparung bei Modifikation des Hauses – durch bessere Isolierung – bzw. durch Reduktion der gewünschten Raumtemperatur – bestimmen.

Im unten dargestellten Fall wird die Haus Isolation verbessert, d.h. die Heizungssteilheit wird von einem mittleren Wert von 1,3 auf einen leicht besseren Wert 1,1 verändert. Gleichzeitig wird die mittlere Raumtemperatur um 2 Grad auf 21 Grad reduziert.

Diese Anpassung führt zu einer Reduktion des Jahresölverbrauches um ca. 500 Liter auf dann knapp 1200 Liter.

Bei einer Steilheit vom Wert 1 und 20 Grad Raumtemperatur reduziert sich der Energieverbrauch weiter auf ca. 1000 Liter Öl im Jahr

Der prognostizierte Heizölverbrauch pro Monat bei optimierter Heizung

Öl Verbrauch pro Monat								
		Eingabe >>		gemäß Modell			reale Öl Werte	
		1,30	1,10	Öl *			Öl	
		6,50	5,50	bisher	neu	bisher	neu	
Eingabe >>		23	21					
Monat	TMM	VTx	VTy	Redukt	1680	1192	1659	1187
Dez	1,48	51,34	42,84	27,1%	261	190	269	196
Nov	4,42	48,25	40,27	28,2%	210	151	271	195
Okt	9,24	42,90	35,78	31,1%	140	96	113	78
Sep	13,61	37,62	31,32	35,8%	70	45	36	23
Aug	17,88	31,70	26,26	46,5%	19	10	4	2
Juli	18,67	30,37	25,12	50,6%	0	0	2	1
Juni	17,15	32,82	27,22	43,7%	19	11	8	4
Mai	13,06	38,31	31,91	35,0%	70	46	46	30
April	9,05	43,11	35,96	30,9%	140	97	114	78
März	4,39	48,28	40,30	28,2%	210	151	236	169
Feb	1,07	51,76	43,19	27,0%	261	191	257	187
Jan	0,23	52,61	43,90	26,7%	280	205	303	222

## 6. Zusammenfassung

Die Heizungskennlinie ist ein zentrales Element einer effizienten Heizung und bietet eine einfache, direkte und logische Optimierungsmöglichkeit zur Energieeinsparung im Haus.

Man muss diese nur verstehen und hat dann eine einfache Möglichkeit den Energieverbrauch im Haus an seine individuellen Bedürfnisse anzupassen-



## 7. Literaturverzeichnis/ Dokumente

Nr. #	Quelle/ Literatur	Bemerkung
1	<a href="http://www.dwd.de">www.dwd.de</a> <a href="https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klimadatendeutschland.html">https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klimadatendeutschland.html</a>	Wetterdaten für die Station: Augsburg # 10852
2	Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert bzw. früher k-Wert URL: <a href="https://www.energie-lexikon.info/waermedurchgangskoeffizient.html">https://www.energie-lexikon.info/waermedurchgangskoeffizient.html</a>	Energie Lexikon
3	<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Waermedurchgangskoeffizient">https://de.wikipedia.org/wiki/Waermedurchgangskoeffizient</a>	Wikipedia
	Exceltabelle zur Berechnung der Daten Heizungsoptimierung_v1.xlsx mit drei Blättern - zur Heizkurven Funktion gemäß Kapitel 2 - zur Temperatur Modellierung gemäß Kapitel 3 - zum Ölverbrauch Modell gemäß Kapitel 4 - zur Optimierung der Heizung gemäß Kapitel 5	