

Energiebericht 2020

Kantonale Liegenschaften

Impressum

Energiebericht 2020

Kantonale Liegenschaften Thurgau

Herausgeber

Kantonales Hochbauamt Thurgau

Departement für Bau und Umwelt

Promenadenstrasse 8

CH-8510 Frauenfeld

Projektleitung

André Juszko, FM Energie

Kantonales Hochbauamt Thurgau

Mithilfe bei der Erstellung

Enastra AG, Zürich

Gestaltung und Überarbeitung

Daniel Imhof, CAD, Grafik, Datenmanager

Kantonales Hochbauamt Thurgau

Korrektorat

Miriam Waldvogel

die Schreibmaschine, Frauenfeld

Gestaltung

Barbara Ziltener, Frauenfeld

(Energiebericht 2018)

Über 200 staatseigene Bauten

Über 3'500 kantonale Angestellte benötigen Wasser, Wärme und Strom für ihre Arbeit

Der durchschnittliche Wärmeverbrauch der kantonalen Liegenschaften liegt bei rund 86 kWh/m² pro Jahr

Die Raumtemperatur um 1°C senken bedeutet eine Energieeinsparung von 6%

Vorwort

Der Kanton Thurgau investiert aufgrund der Energiestrategie 2050 des Bundes und seiner eigenen Energieziele viel in die Förderung von erneuerbaren Energien und in die Energieeffizienz. Das Kantonale Hochbauamt Thurgau setzt die Ziele des Kantons und des Bundes konsequent um. Beispiele dafür sind energetische Sanierungen der staatseigenen Liegenschaften, der weitere Ausbau der PV-Anlagen auf kantonal genutzten Gebäuden sowie die Installation von Elektrola-destationen für Elektroautos.

Die Umsetzung der Energiesparmassnahmen im 2020 konnten nicht wie gewohnt angegangen werden. Die Corona Pandemie hat auch hier ihren Tribut gezahlt. Durch die Anforderung an einen höheren Luftwechsel haben die Wirkung von di-versen zuvor getroffenen Massnahmen zunichtegemacht. Im Energiebericht wird dieser Zustand dokumentiert. Erfreulicherweise konnte die installierte Leistung im Bereich der PV-Anlagen um rund 16 % im Vergleich zu 2019 ausgebaut werden. Aus dem Bericht wird ersichtlich, dass rund 17 % des gesamten Stromverbrauchs durch die eigenen PV-Anlagen gedeckt sind. Die elektrische Energie wird in den kantonalen Liegenschaften zu 100 % aus erneuerbaren Quellen bezogen. Zudem ist der Kanton bestrebt, auch bei der Heizenergie von den fossilen Energieträgern Öl und Erdgas loszukommen.

Bereits heute liegt der Anteil der erneuerbaren Energieträger bei den kantonal genutzten Gebäuden bei rund 65 %. Sollte der Erdgasanteil durch Biogas substi-tuiert werden, wären es sogar 98 %. Das Hochbauamt hilft auch künftig engagiert mit, dass der Kanton seine Energieziele erfolgreich erreichen kann und die Ener-giestrategie 2050 des Bundes umsetzen wird.

André Juszko, FM Energie Kantonales Hochbauamt Thurgau

Inhalt

	Zusammenfassung	6 - 8
1	Einleitung, Aufgabe und Zielsetzung	9
	1.1 Einleitung	9
	1.2 Aufgabe	9
	1.3 Zielsetzung	9
2	Kantonale Liegenschaften	10 - 11
3	Wärme	12 - 27
	3.1 Wärmeerzeugung (Endenergie)	14
	3.2 Wärmeverbrauch (Nutzenergie)	17
	3.2.1 Wärmeverbrauch Nutzenergie pro Gebäude	18
	3.3 Wärmekosten	22
	3.3.1 Wärmekosten pro Gebäude	24
4	Strom	28 - 41
	4.1 Stromverbrauch	29
	4.1.1 Stromverbrauch pro Gebäude	30
	4.2 Stromkosten	34
	4.3 Photovoltaik (PV)	40
5	Wasser	42 - 53
	5.1 Wasserverbrauch	43
	5.1.1 Wasserverbrauch pro Gebäude	44
	5.2 Wasserkosten	48
	5.2.1 Wasserkosten pro Gebäude	50
6	Treibhausgasemissionen, Transmissionspfa	d 54 – 57
	6.1 Treibhausgasemissionen	55
	6.2 Transmissionspfad Energie	56
	Schlussfolgerungen	59

Zusammenfassung

Im Energiebericht 2020 sind die Wärme-, Strom- und Wasserverbräuche sowie die zugehörigen Kosten der kantonalen Liegenschaften zusammengestellt und ausgewertet. Sämtliche Verbrauchsdaten beziehen sich auf das Energiemonitoring-Tool "e3m" als Datenquelle. Um die Kosten einheitlich und unkompliziert zu erfassen, wurden Vereinfachungen getroffen. Diese Vereinfachungen werden in den einzelnen Abschnitten genauer erläutert. Total sind 38 Objekte mit über 75 Gebäuden und einer Energiebezugsfläche von knapp über 200'000 m² enthalten, 58 % der Fläche repräsentieren die Hauptnutzung der Schule/Turnhallen, 22 % eine Büronutzung und 20 % eine Sondernutzung.

Wärme

Klimakorrigiert ist der Energiebedarf für die Bereitstellung der Wärme in den letzten vier Jahren um 3.0 % gesunken. Gleichzeitig hat der Nutzenergieverbrauch um 3.7 % abgenommen (nicht in Tabelle 1 ersichtlich). Somit konnte die Effizienz der Wärmeerzeugung in etwa konstant gehalten und gleichzeitig der Wärmeverbrauch reduziert werden.

Strom

Für die kantonalen Liegenschaften wurden 2020 total 9'458 MWh Strom bezogen. Der Anstieg der Jahre 2018 und 2019 konnte gebremst und sogar gedreht werden. Der Stromverbrauch 2020 hat gegenüber 2017 um 0.8 % abgenommen.

Photovoltaik (PV)

In den letzten Jahren hat ein eindrücklicher Ausbau der PV-Kapazität stattgefunden. Die installierte Leistung ist zwischen 2017 und 2020 um 64 % gesteigert wor-den auf 1'762 kWp. Die produzierte Menge konnte sogar noch stärker gesteigert werden, um 95 % auf 1'596 MWh/a. Eindrücklich ist, dass 16.9 % der elektrischen Energie durch die eigenen PV-Anlagen erzeugt wurden. Dieser Eigenversor-gungsgrad konnte in den letzten vier

Jahren von 8.7 % auf 16.9 % gesteigert werden.

Wasser

Der Wasserbezug über alle Liegenschaften betrug 2020 55'378 m³. Der Wasserverbrauch ist damit im ersten Jahr deutlich abnehmend. Dies ist vor allem Covid-19 geschuldet. Gegenüber 2017 wurde 2020 12.6 % weniger Wasser verbraucht. Der Verbrauch der Fischbrutanlage Romanshorn hat sich wieder normalisiert (vgl. Energiebericht 2019). Einen Minderbezug hatten vor allem die Schulen.

Tabelle 1: Entwicklung der Verbräuche Wärme absolut, Wärme klimakorrigiert(1), Strom und Wasser

(graue Werte: Kantonale Liegenschaften in Frauenfeld)

Jahr	Wärme absolut		Wärme ATD korrigiert		Strom		Wasser	
	MWh	kWh/m²	MWh	kWh/m²	MWh	kWh/m²	m³	l∕m²
2016		69.2		88.4		46.3		243.6
2017	12'880	63.4	15'254	75.0	9'532	46.9	63'395	311.8
2018	12'275	60.4	15'180	74.7	9'900	48.7	67'276	330.9
2019	12'448	61.2	14'651	72.1	9'829	48.3	67'993	334.4
2020	12'171	59.9	14'799	72.8	9'458	46.5	55'378	272.4
Tendenz 2020 vs. 2017		- 5.5 %		- 3.0 %		- 0.8 %		- 12.6 %

⁽¹⁾ Korrektur nach den akkumulierten Temperaturdifferenzen (ATD) langjähriges Mittel (1984 – 2003) in Bischofszell

Wärmekosten

Die Wärmekosten 2020 liegen, ähnlich wie 2018, unterhalb des Wertes von 2017 (-0.6 % im 2020). Der absolute Wärmeverbrauch weist einen stärkeren Rückgang aus. Die weniger ausgeprägte Reduktion bei den Kosten ist den höheren Tarifen geschuldet. 2017 bis 2020 hat sich der durchschnittliche Tarif über alle Energieträger um 5.2 % verteuert. Die Holzenergie wurde in diesem Zeitbereich 2.8 % günstiger. Der Sprung im Stromtarif beträgt in diesen drei Jahren 7.8 %, für Gas 7.8 % und für Öl -10.5 %. Alle Tarife ausser Strom haben sich im Jahr 2020 gegenüber 2019 vergünstigt.

Stromkosten

Von 2017 bis 2019 ist eine kontinuierliche Steigerung der Stromkosten zu erkennen: 2020 ist zum ersten Mal eine leichte Reduktion von 0.3 % gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Die Zunahme 2020 gegenüber 2017 beträgt trotzdem noch 7.1 %. Der Stromverbrauch nahm in derselben Zeit nicht zu. Somit ist die gesamte Verteuerung den Tarifen geschuldet (vergleiche oben). Werden die Strompreiskomponenten gesondert voneinander betrachtet, ist der Grund für den Anstieg schnell gefunden. Die Kosten für das Netz (grösster Kostenblock) reduzierten sich sogar. Die Kosten für die Energie (zweitgrösster Kostenblock) stiegen um 12.7 % (vor allem im 2020) und die kantonalen Abgaben (marginaler Anteil) um knapp 3.3 %. Hingegen wuchsen die Bundesabgaben in der Zeit zwischen 2017 bis 2020 um 54 %.

Wasserkosten

Die Wasserkosten sind von 2017 bis 2020 um 12.9 % zurückgegangen. Der Wasserbezug reduzierte sich um 12.6 %. Die Tarife blieben somit praktisch konstant. Bei der Entwicklung der Tarifkom-

ponenten ist keine Verschiebung der Anteile (Frischwasser / Abwasser) zu erkennen.

Tabelle 2: Entwicklung der Kosten für Wärme, Strom und Wasser

(graue Werte: Kantonale Liegenschaften in Frauenfeld)

Jahr	Wäı	rme	Stroi	m	Wasser		
	Fr.	Fr./m ²	Fr.	Fr./m ²	Fr.	Fr./m ²	
2016		7.4		7.5		1.00	
2017	861'240	4.2	1'567'956	7.7	242'168	1.19	
2018	830'799	4.1	1'660'207	8.2	259'685	1.28	
2019	896'695	4.4	1'684'751	8.3	261'775	1.29	
2020	855'841	4.2	1'679'789	8.3	210'992	1.04	
Tendenz 2020 vs. 2017		- 0.6 %		+ 7.1 %		-12.9 %	

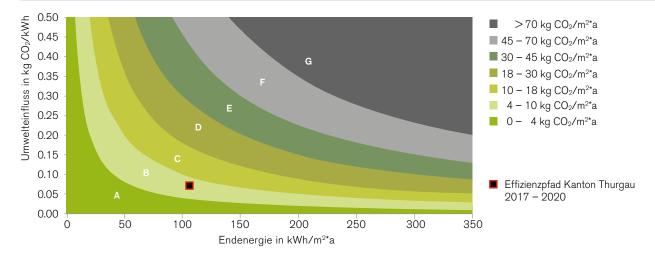
Treibhausgase

2020 wurden rund 1'532 Tonnen CO2-Äquivalent Treibhausgase durch die kantonalen Liegenschaften emittiert. 70 % der Emissionen wurden durch die Bereitstellung der Wärme verursacht. In diesem Anteil ist auch der Strom für die Wärmepumpen enthalten. Der restliche Strombedarf hat 30 % der Emissionen ausgemacht. Auch wenn der Kanton Thurgau zu 100 % erneuerbaren Strom bezieht und erzeugt, werden trotzdem Treibhausgase verursacht. Um die spezifischen Emissionen zu berechnen⁽¹⁾, wurde der effektive Strommix berücksichtigt. Wasserkraft: 63 %, Sonne: 32 %, Biomasse: 5 %.

Bei der Wärme sind es die Energieträger Gas, Öl und Strom, die Treibhausgasemissionen verursachen.

Durch den tiefen Umwelteinfluss pro kWh verbrauchter Endenergie (bestehend aus einem grossen Anteil erneuerbarer Energie bei der Wärme und einem grossen Anteil Wasserkraft) und einen mittelmässigen Wert beim Endenergiebezug pro m² wird eine gute Bewertung in der Kategorie B erreicht. Von 2017 bis 2020 ist keine Veränderung sichtbar. Eine einfach umsetzbare Massnahme, um den Weg in Richtung Kategorie A in Angriff zu nehmen, wäre das flächendeckende Umsteigen auf Biogas. 74 % des Treibhausgas verursachenden Anteils der Wärme ist Gas. Wärme macht wiederum 70 % der Treibhausgasemissionen aus. Somit wäre mit dieser Massnahme ein grosser Schritt zur Minderung des schädlichen Umwelteinflusses gemacht. Weitere Verbesserungen sind durch die Reduktion der spezifischen Endenergie möglich. Zweckdienliche Liegenschaften, die untersucht werden sollten, sind das Polizeigebäude in Frauenfeld und/oder das Tiefbauamt in Frauenfeld.

Grafik 1: Transmissionspfad 2017 - 2020



⁽¹⁾ Kalkulation auf www.treeze.ch

1 Einleitung, Aufgabe und Zielsetzung

1.1 Einleitung

Der Kanton Thurgau besitzt mehr als 200 Liegenschaften. 38 Objekte⁽¹⁾ davon sind bereits auf ein Energiemonitoring aufgeschaltet. Die Daten der relevanten Energie- und Wasserzähler von 29 Objekten werden automatisch ausgelesen. Diese Werte werden auf einem Datenserver gespeichert und aufbereitet. Mittels der Energiemanagement- Plattform "e3m" können die Daten grafisch aufbereitet, analysiert und rapportiert werden und stehen über einen Internetbrowser zur Verfügung. Für die restlichen neun Objekte wurden die Verbrauchsdaten ebenfalls in der Applikation "e3m" erfasst, dies als Übergangslösung mittels Handeingaben. Die Informationen der Handeingaben stammen von Rechnungen oder von Ablesungen der Zähler durch die Hauswarte. Ende 2021 sind alle Objekte mit automatischer Auslesung ausgerüstet.

1.2 Aufgabe

Für alle kantonalen Liegenschaften ist ein Energiebericht für 2016 bis 2020 zu erstellen. In älteren Ausführungen dieses Berichtes basierten die Energieund Wasserdaten zum grössten Teil auf Angaben der Werkbetriebe Frauenfeld. Neu dient das Tool "e3m" ausschliesslich als Datenquelle. Vorgesehen ist, dass der Bericht für die Folgejahre einfach und mit wenig Aufwand erweitert werden kann.

1.3 Zielsetzung

Neben den absoluten Wärme-, Strom und Wasserverbräuchen sowie den absoluten Kosten enthält der Bericht auch die Flächen- und Kostenkennzahlen je Liegenschaft. Die Verbräuche sind im Jahresrhythmus ausgewertet. Im Bericht sind Aussagen zur Entwicklung der Energie- und Wasserbezüge und der Treibhausgasemissionen formuliert, und mögliche Ansatzpunkte für energetische Verbesserungen werden aufgezeigt.

⁽¹⁾ In diesem Kontext ist unter Objekt ein Komplex zu verstehen, der zum Teil aus mehreren Liegenschaften besteht.

Kantonale Liegenschaften 2

Das Portfolio des Kantons Thurgau enthält 38 Objekte. (1)(2) Die Energiebezugsfläche beträgt 201'479 m², 58 % der Nutzungen sind Schulen/Turnhallen, die

restlichen Gebäude weisen Büronutzungen (22 %) und Sondernutzungen (20 %) aus.

Tabelle 3: Liste aller Objekte im Energiebericht

GebNr.	Kurzbezeichnung	Ort	Nutzung	Modell Wärme	Erzeuger/ Energieträger	EBF
0101	Regierungsgebäude	Frauenfeld	Büro	Contracting	WP/Gas	4'080 m²
0114	Forstamt St. Barbara	Frauenfeld	Büro	Eigenerzeugung	Holz	519 m ²
0115	Amt für Volksschule	Frauenfeld	Büro	Eigenerzeugung	Gas	708 m ²
0119	Bauhaus Staubegg	Frauenfeld	Büro	Eigenerzeugung	ÖI	260 m²
0120	Konvikt-Halle	Frauenfeld	Schule/Turnhalle	Contracting	WP/Gas	755 m²
0200	Kantonsbibliothek	Frauenfeld	Sondernutzung	Contracting	WP/Gas	2'580 m²
0301	Kantonales Laboratorium (inkl. 0303 Milz)	Frauenfeld	Büro	Contracting	WP/Gas	3'542 m²
0401	Verwaltungsgebäude Promenade (3)	Frauenfeld	Büro	Contracting	WP/Gas	6'569 m²
0501	Bürogebäude Daheim	Frauenfeld	Büro	Eigenerzeugung	Gas	624 m²
0600	Obergericht	Frauenfeld	Büro	Contracting	WP/Gas	1'620 m²
0701	Staatsarchiv	Frauenfeld	Sondernutzung	Contracting	WP/Gas	7'395 m²
0901	Polizeigebäude / Kantonalgefängnis / GSTA	Frauenfeld	Büro	Eigenerzeugung	WP/Gas	13'004 m²
1100	Kantonsschule	Frauenfeld	Schule	Contracting	WP/Gas	20'020 m ²
1300	Campus (PMS/PHTG)	Kreuzlingen	Schule	Fernwärme	Holz/Gas	26'824 m²
1400	Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg	Salenstein	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Holz/Öl	13'803 m²
1500	Kantonsschule	Romanshorn	Schule	Eigenerzeugung	WP/Gas	13'282 m²
1600	Kantonsschule	Kreuzlingen	Schule	Eigenerzeugung	Holz/Öl	7'428 m²
2101	Massnahmenzentrum Kalchrain	Hüttwilen	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Holz	5'835 m²
3600	Bildungszentrum	Arbon	Schule/Turnhalle	Fernwärme	Holz/WP/Gas	5'924 m²
3700	Bildungszentrum für Technik	Frauenfeld	Schule/Turnhalle	Eigenerzeugung	Holz/Gas	7'914 m²
3801	Bildungszentrum für Bau und Mode	Kreuzlingen	Schule	Fernwärme	ÖI	2'760 m ²
3802	Bildungszentrum für Bau und Mode	Kreuzlingen	Schule	Eigenerzeugung	Holz/Gas	4'410 m ²
4000	Berufsbildungszentrum	Weinfelden	Schule/Turnhalle	Eigenerzeugung/ Fernwärme	Gas/KVA	27'570 m²
4300	Ausbildungszentrum Galgenholz	Frauenfeld	Schule/Turnhalle	Eigenerzeugung	Holz	1'983 m²
4601	Schloss Frauenfeld, Historisches Museum	Frauenfeld	Sondernutzung	Fernwärme	Holz	851 m ²
4701	Naturmuseum/Museum für Archäologie	Frauenfeld	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Gas	$2'155 \text{ m}^2$
4901	Villa Sonnenberg, Denkmalpflege	Frauenfeld	Büro	Fernwärme	WP/Gas (von Kanti)	$537\ m^2$
6100	Bezirksgebäude Kreuzlingen	Kreuzlingen	Büro	Eigenerzeugung	Gas	2'568 m²
6202	Polizeigebäude	Arbon	Büro	Eigenerzeugung	Gas	1'317 m²
6401	Bezirksgebäude	Diessenhofen	Büro	Eigenerzeugung	Gas	781 m ²
6500	Fischbrutanlage	Ermatingen	Sondernutzung	Eigenerzeugung	WP	$309 \; \text{m}^2$
6601	Fischbrutanlage	Romanshorn	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Elektroeinsatz	344 m²
7000	Tiefbauamt Werkhof	Frauenfeld	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Gas	1'379 m²
7100	Tiefbauamt Werkhof	Sulgen	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Gas	1'683 m²
7403	Tiefbauamt Magazin	Eschlikon	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Holz	1'699 m²
8401	BLDZ (3)	Frauenfeld	Sondernutzung	Eigenerzeugung	Gas	915 m²
8907	Schlossmühlestrasse 15 (3)	Frauenfeld	Büro	Eigenerzeugung	WP	6'065 m²
8910	Strassenverkehrsamt (3)	Frauenfeld	Büro	Eigenerzeugung	Gas	1'467 m²
(1) -	Kalada da Oli II i Kasala a salaha d	or zum Toil aus m	obroron Liogonschafts		Total	201'479 m²

⁽¹⁾ In diesem Kontext ist unter Objekt ein Komplex zu verstehen, der zum Teil aus mehreren Liegenschaften besteht.

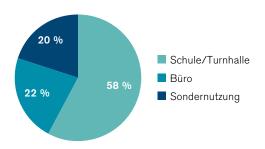
⁽²⁾ Das Amt für Informatik in Weinfelden ist vorerst nicht enthalten. Ebenfalls fehlt das Rechencenter in Frauenfeld.

⁽³⁾ Angemietete Objekte

Das Berufsbildungszentrum in Weinfelden macht mit seiner Fläche 13.7 % vom gesamten Gebäudepark aus, der Campus Kreuzlingen 13.3 %. Werden zu den zwei

erwähnten Gebäuden noch die Kantonsschulen Frauenfeld und Romanshorn dazugerechnet, sind dies 43.5 %. Ebenfalls sehr grosse Flächen haben das Polizeigebäude in Frauenfeld und das Bildungsund Beratungszentrum Arenenberg (BBZA). Diese sechs Objekte machen 57 % der Grundfläche aus.

Grafik 2: Anteil Nutzflächen



Im Energiebericht 2018 über die kantonalen Liegenschaften in Frauenfeld betrug der Anteil der Schulen/Turnhallen noch 46 %, Somit haben die Schulen/Turnhallen mit 58 % nun ein deutlich höheres Gewicht.

Die relevanten Flächen haben sich zum Teil gegenüber den Berichten der kantonalen Liegenschaften in Frauenfeld von 2018 und früher stark geändert. Aufgrund der Digitalisierung der Pläne im CAFM-Tool lassen sich die Energiebezugsflächen heute genauer berechnen. Die Flächen sind nun digital ermittelt; dies führt zu Abweichungen gegenüber der früheren Flächenerhebung.



3 Wärme

In diesem Kapitel wird zwischen Endenergie und Nutzenergie unterschieden. Diese Unterscheidung ist zentral.

Nutzenergie

Die Nutzenergie ist diejenige Energie, die im Gebäude zu den Verbrauchern geführt wird, d.h.als Nutzwärme über den Heizkörper, die Fussbodenheizung oder den Lufterhitzer an den Raum abgegeben wird. Die Nutzenergie wird über Messungen der Produktionsanlagen bestimmt. Bei Objekten mit ausgeprägtem Messkonzept wurde jeweils die erste verfügbare Messebene verwendet, die keine Wärmeverluste enthält.

Die Nutzenergie ist nicht in 100 % der Fälle über eine Messung eruiert worden. Teilweise wurde die Nutzenergie berechnet, entweder über die Gasmenge, die Ölmenge oder den Stromverbrauch der Wärmepumpe (WP) und die Annahme ihrer Arbeitszahl.

Endenergie

Die Endenergie ist die Energie, die aufgewendet wurde, um die Nutzenergie zu erzeugen. Üblicherweise wird als Systemgrenze die Gebäudegrenze verwendet. Alle Energien, die über die Gebäudegrenze geliefert werden und somit auch zu bezahlen sind, gelten im klassischen Sinn als Endenergie.

Mit den Wärmeerzeugungsmodellen, die vorhanden sind (siehe Tabelle 3), insbesondere Fernwärme und Contracting, wurde das Konzept für die Auswertungen in diesem Energiebericht abweichend zur Regelung oben angewendet, respektive die Systemgrenze wurde verschoben. Bei vielen Objekten, die im Contracting betrieben werden, ist dem Kanton Thurgau die Aufteilung der Wärmeerzeugung (beispielsweise Gas und Wärmepumpe) bekannt, in einigen Fällen gibt es sogar Auf-lagen zum WP-Anteil. Somit kann nicht die gesamte Contracting-Wärmeenergie "in einen Topf geworfen werden". Die Differenzierung, aus welchem Energieträger die Wärme erzeugt worden ist, ist relevant. Dasselbe gilt für die Fernwärme, auch dort ist der Energieträger, der verwendet wurde, um die Energie zu erzeugen, bekannt und relevant. Im Folgekapitel 3.1 ist aufgeschlüsselt, welche Mengen an Endenergie verwendet wurden, um die Nutzwärme zu erzeugen. Somit gibt es keine Energieträger, die "Contractor" oder "Fernwärme" lauten, sondern nur Energieträger, die tatsächlich zum Einsatz kamen.

Aufgeteilt wird die Endenergie somit in Holz, Gas, Kehrichtverbrennungsanlage (KVA), Elektro und Öl. Unter Elektro ist der Stromaufwand für die Wärmepumpen zu verstehen. Die Umweltenergie für die

Wärmepumpen ist in der Endenergie nicht aufgeführt. In Objekten mit Wärmepumpen kann also die Nutzenergie grösser sein als die Endenergie.

Auch bei der Endenergie ist die Menge nicht in jedem Fall gemessen, sondern zum Teil über einen geschätzten Nutzungsgrad oder eine geschätzte Arbeitszahl berechnet. In manchen Fällen wurde anhand der erzeugten Wärme einer Wärme-pumpe der theoretische Stromaufwand berechnet, in anderen Fällen das Umge-kehrte.

3.1 Wärmeerzeugung (Endenergie)

Bei allen Objekten sind unterschiedliche Wärmeerzeuger oder Kombinationen von Wärmeerzeugern im Einsatz. Aufgeschlüsselt auf die dahinterstehenden Energieträger ergibt dies folgendes Bild. Zu Beginn des Kapitels 3 ist das Konzept erklärt.

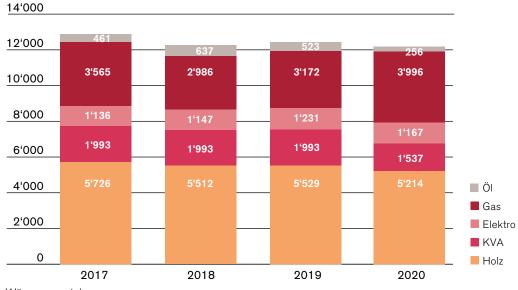
An der Aufteilung der Wärmeerzeugung hat sich in den letzten drei Jahren nicht radikal geändert. Sichtbar ist eine Reduktion der Gasmenge von 2017 bis 2018, die 2020 wieder zugenommen hat. Auch die Holzmenge und die Ölmenge ist in der Tendenz abnehmend.

Erneuerbar in dieser Aufstellung ist Holz, die KVA und Strom⁽¹⁾. Auch erneuerbar ist die Umweltwärme bei Wärmepumpen, diese ist jedoch in der Endenergie nicht eingerechnet. Der erneuerbare Anteil beträgt 2020 somit 65 %, siehe dazu auch die folgende Grafik 4.

Bezogen auf das Modell der Wärmeerzeugung wurde 2020 etwas mehr als die Hälfte (52 %) der Endenergie für die Wärmeerzeugung in Eigenerzeugungsanlagen umgewandelt. Der Anteil an Contracting ist in dieser Betrachtung der Endenergie relativ bescheiden, da dort der WP-Anteil gross ist und somit der

Energieanteil (Strom) um ca. Faktor 3(2) kleiner ist als die damit erzeugte Nutzenergie.

Grafik 3: Entwicklung Wärmeerzeugung nach Energieträger 2017 - 2020

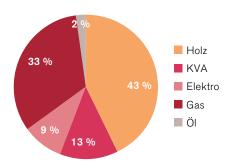


Wärmeenergiebezug in MWh

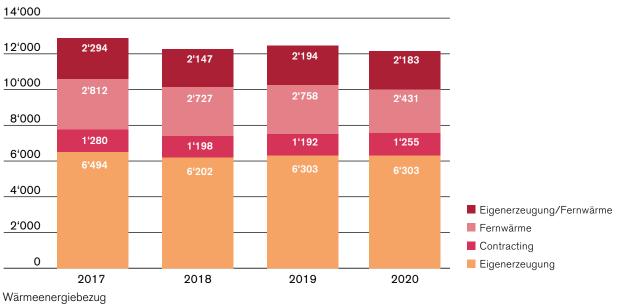
⁽¹⁾ Siehe dazu Kapitel 4.1

⁽²⁾ Mittlere Arbeitszahl

Grafik 4: Wärmeerzeugung nach Energieträger 2020



Grafik 5: Entwicklung Wärmeerzeugung Endenergie Wärme nach Erzeugungsmodell

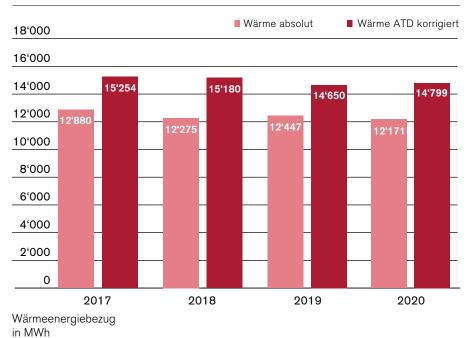


in MWh

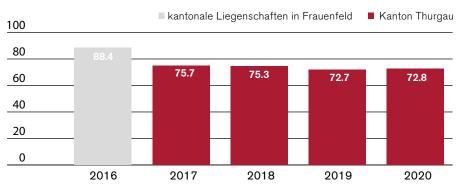
Die kantonalen Liegenschaften bezogen 2020 total 12.2 GWh Endenergie zur Erzeugung von Wärme. Korrigiert nach den akkumulierten Temperaturdifferenzen (ATD) des langjährigen Mittels von Bischofszell (1984 bis 2003), liegt der Wert einiges höher, nämlich 14.8 GWh. Dies, weil die letzten Jahre deutlich wärmer waren als das langjährige Mittel. Von 2017 bis 2020 ist ein stetiger rückläufiger Trend zu beobachten. Der Rückgang von 2017 bis 2020 beträgt klimakorrigiert 3.0 %.

Die Grafik 7 zeigt den Trend der klimakorrigierten, flächenspezifischen Endenergie zur Erzeugung der Wärmeenergie seit 2016. Der grau markierte Balken des Jahres 2016 zeigt die Objekte der kantonalen Liegenschaften in Frauenfeld, die im Energiebericht 2018 ausgewiesen wurden. Der Wert von 2020 liegt bei 72.8 kWh/m² (ohne Klimakorrektur bei 59.9 kWh/m2). Der Trend der spezifischen Wärme ist leicht sinkend, auch wenn der Wert von 2020 wieder leicht gestiegen ist gegenüber 2019.

Grafik 6: Endenergieaufwand zur Wärmeerzeugung 2017 - 2020



Grafik 7: Spezifischer Endenergieaufwand zur Wärmeerzeugung 2013 - 2020



Wärmeenergiebezug in kWh/m²

3.2 Wärmeverbrauch (Nutzenergie)

Korrespondierend mit Grafik 6 zeigt die Grafik 8 die absoluten Werte bezogen auf den Wärmeverbrauch, also die Nutzenergie. In dieser Ansicht spielt folglich die Art der Erzeugung keine Rolle. In den Gebäuden des Kantons wurden 2020 somit effektiv 13.83 GWh "verheizt". Werden die Wärmeverbräuche auf das langjährige Mittel korrigiert, beträgt der Wert 16.81 GWh. Das Verhältnis zwischen absolut und korrigiert der einzelnen Jahre ist identisch mit Grafik 6, der Trend über

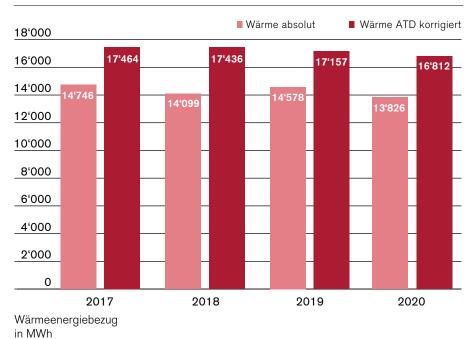
die Jahre jedoch nicht, da sich der Erzeugungsmix ständig ändert. Die Werte der letzten vier Jahre sind klimakorrigiert rückgängig, die Abnahme von 2017 bis 2020 beträgt

3.7 % (bei der Endenergie 3.0 %).

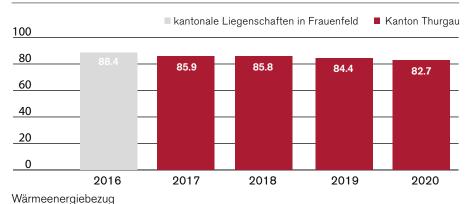
Der Vergleich der Trends zwischen Grafik 6 und Grafik 8 lässt somit den Schluss zu, dass die Effizienz der Wärmeerzeugung mehrheitlich konstant ist und der Wärmeverbrauch in den letzten vier Jahren reduziert werden konnte.

Korrespondierend mit Grafik 7 ist in Grafik 9 der Trend der spezifischen Nutzwärme klimakorrigiert seit 2016 aufgeführt. Der grau markierte Balken des Jahres 2016 zeigt die Objekte der kantonalen Liegenschaften in Frauenfeld, die im Energiebericht 2018 ausgewiesen wurden. Der Trend ist rückläufig. Für das durchschnittliche Alter der Liegenschaften ist der durchschnittliche Wärmeverbrauch (immer inkl. Brauchwarmwasser) auf einem erwartbaren Niveau. Der SIA-Grenzwert(1) für Neubauten (Büro/Schule) be-

Grafik 8: Nutzenergie Wärme 2017 - 2020



Grafik 9: Spezifische Nutzenergie Wärme 2013 - 2020



in kWh/m²

 $^{^{(1)}}$ SIA 380/1, Ausgabe 2016 bzw. 2009: Q_H,li = 33 kWh/m², Q_WW = 19 kWh/m²

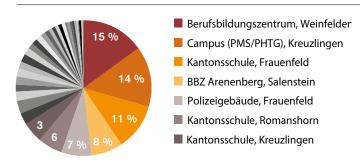
trägt 52 kWh/ m². Die Abweichung der mehrheitlich vor 1980 erstellten Liegenschaften ist gegenüber dem SIA-Grenzwert plausibel. Wie es um den Verbrauch der einzelnen Objekte steht, ist auf den folgenden Seiten zu sehen.

Absolut gesehen verbrauchen vier Objekte die Hälfte der Wärmeenergie: Berufsbildungszentrum (BBZ) Weinfelden, Campus Kreuzlingen, Kantonsschule Frauenfeld und Bildungs - und Beratungszentrum (BBZ Arenenberg. Die Verhältnisse und die weiteren Anteile sind der Grafik zu entnehmen.

3.2.1 Wärmeverbrauch Nutzenergie pro Gebäude

Im Folgenden sind die spezifischen klimakorrigierten Wärmeverbräuche (Nutzenergie) pro Liegenschaft aufgezeichnet. Die Gebäude wurden nach Nutzung geclustert. Büronutzungen, Schulen/ Turnhallen und Sondernutzungen sind separat zusammengestellt. Die Fischbrutanlagen könnten auch separat ausgewiesen werden. Bei der Wärmeenergie ist jedoch kein Wert ausweisbar, da die Fischbrutanlagen durch Kleinwärmepumpenanlagen beheizt werden. Der Stromverbrauch ist für diese Anlagen (noch) nicht separat erfasst.

Grafik 10: Absolute Wärme Nutzenergiemengen pro Gebäude



Am niedrigsten ist der Wärmebedarf in der Liegenschaft Schlossmühlestrasse 15 (27.3 kWh/m2*a im 2020), ein Bau aus dem Jahr 2016. Ebenfalls unter dem Durchschnitt liegen 2020 das Regierungsgebäude, das Bürogebäude Spannerstrasse 31, das Verwaltungsgebäude Promenade (VGP) und das Strassenverkehrsamt, alle in Frauenfeld.

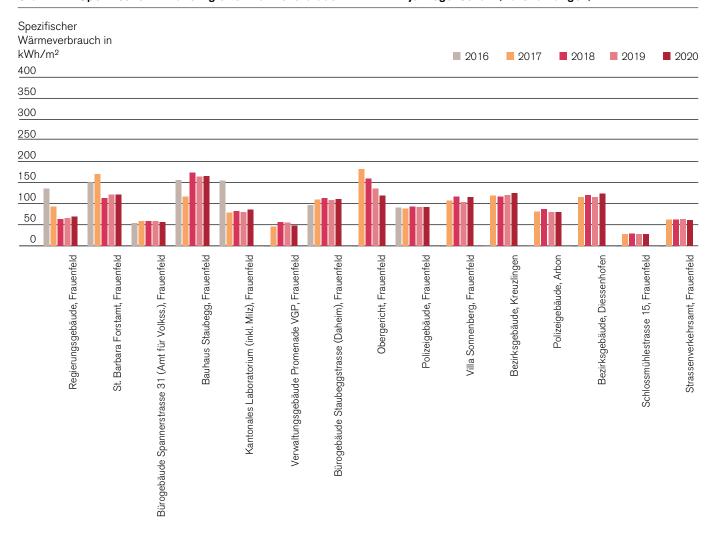
Mehr oder weniger identisch mit dem Durchschnittswert ist das Kantonale Laboratorium in Frauenfeld und das Polizeigebäude in Arbon.

Den höchsten Verbrauch hat das Bürogebäude Staubegg in Frauenfeld mit 165.8 kWh/m²*a. Auch das Forstamt liegt deutlich über dem Durchschnitt. Das Obergericht in Frauenfeld zeigt einen erfreulich rückläufigen Trend.

Die in Grafik 11 dargestellten Gebäude repräsentieren 22 % der Fläche des gesamten Gebäudeparks. Den grössten Einfluss auf den totalen Wärmeverbrauch haben das Polizeigebäude Frauenfeld, das VGP und das Gebäude Schlossmühlestrasse 15. Diese drei machen mehr als 50 % aller Gebäude mit Büronutzungen aus. Von diesen Gebäuden

hat das Polizeigebäude den höchsten spezifischen Verbrauch von 91.9 kWh/ m²*a (13'000 m² Fläche). Eine Sanierung ist bereits angedacht und wird dementsprechend Wirkung zeigen.

Grafik 11: Spezifischer klimakorrigierter Wärmeverbrauch in kWh/m² je Liegenschaft (Büronutzungen)



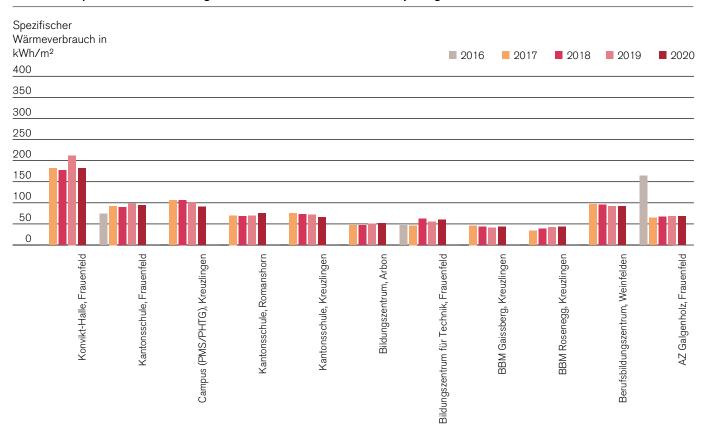
Im Vergleich zu den Schulen/Turnhallen bildet die Konvikt-Halle das Schlusslicht betreffend die Güte der Gebäudehülle. Dies ist dem Alter und der Bauweise der Halle geschuldet. Weiter ist im Ausbildungszentrum (AZ) Galgenholz eine deutliche Reduktion zu sehen. Der grosse Einfluss des Neubaus ab 2017 ist entscheidend für den spezifischen Verbrauch von ca. 69 kWh/m²*a 2020.

Die tiefsten Werte weisen die beiden Gebäude im Bildungszentrum für Bau und Mode (BBM) in Kreuzlingen aus,

beide unter 44 kWh/m2*a.

Die in Grafik 12 dargestellten Gebäude repräsentieren 58 % der Fläche des gesamten Gebäudeparks. Den grössten Einfluss auf den totalen Wärmeverbrauch haben das BBZ Weinfelden, der Campus Kreuzlingen, die Kantonsschulen Kreuzlingen und Romanshorn. Zusammen machen die vier Areale 74 % der Schulen/Turnhallen oder 44 % aller kantonalen Liegenschaften aus. Der Campus Kreuzlingen und das BBZ Weinfelden weisen einen spezifischen Verbrauch über dem Durchschnitt der Schulen und Turnhallen aus.

Grafik 12: Spezifischer klimakorrigierter Wärmeverbrauch in kWh/m² je Liegenschaft (Schulen/Turnhallen)



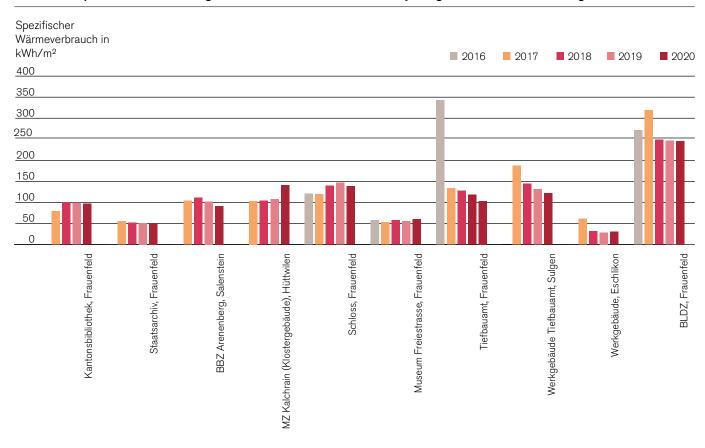
Im Vergleich der Gebäude mit Sondernutzungen fällt ein Objekt auf: Die Büro-, Lehrmittel- und Drucksachenzentrale (BLDZ) in Frauenfeld. Der BLDZ Frauenfeld wird jedoch keine weitere Beachtung geschenkt, weil sie eine Mietliegenschaft ist.

Bezogen auf die Fläche machen das BBZ Arenenberg und das Massnahmenzentrum (MZ) Kalchrain (nur das Klostergebäude) die Hälfte aller Sondernutzungen aus. Beide liegen über dem Durchschnitt der Sondernutzungen.

Die nächstgrösseren Objekte der Sondernutzungen sind die Kantonsbibliothek und das Museumsgebäude in der Freiestrasse, beide in Frauenfeld. Auch die Kantonsbibliothek liegt bei ca. 100 kWh/m2*a, das Museumsgebäude bei knapp 60 kWh/m²*a.

Spitzenreiter im positiven Sinn bei den Sondernutzungen bildet das Werkgebäude des Tiefbauamts in Eschlikon. Dies liegt daran, dass die gesamte erfasste Fläche nur temperiert oder gar nicht beheizt ist.

Grafik 13: Spezifischer klimakorrigierter Wärmeverbrauch in kWh/m² je Liegenschaft (Sondernutzungen)



3.3 Wärmekosten

Für die Bilanzierung der Wärmekosten wurde ein spezieller Ansatz gewählt. Durch den Mix der Wärmeerzeugungsmodelle (siehe Grafik 5, Seite 15) sind verschiedene Kostenstrukturmodelle im Einsatz. Bei der Eigenerzeugung wird mit dem Einkauf von Gas, Öl, Holz oder Strom lediglich der Preis für die Energie unter den tatsächlich anfallenden Energiekosten sichtbar. Die Kosten für die Amortisation der eigenen Erzeugungsanlagen sind an anderen Orten der Kostenrechnung bilanziert.

Anders ist die Situation bei der Fernwärme und beim Contracting. Dort wird klassischerweise mit dem Energiepreis die Amortisation der Anlage bezahlt. Somit

wird das Bild der Wärmekosten verfälscht, wenn Objekte mit Eigenerzeugung und Objekte mit Contracting oder Fernwärme miteinander verglichen werden. Bei einem Vergleich müssten die kompletten Lifecyclekosten der Erzeugungsanlagen betrachtet werden, was den Rahmen dieses Berichtes sprengen würde.

Damit die Kosten für die Abschreibung der Anlagen ganz aus der Betrachtung verschwinden, was auch zu erwarten ist, wenn von Wärmekosten gesprochen wird, wurden mittlere Tarife pro Energieträger eingesetzt.

Die Tarife sind pro Kalenderjahr kalkuliert und setzen sich aus öffentlich zugänglichen Quellen(1) zusammen. Da mit dieser

Methode immer der tatsächliche Preis pro Energieträger eingesetzt wurde, wurde die Wärme aus der KVA mit 0 Fr./kWh bepreist, denn die KVA bekommt den Abfall gratis. Da die Wärme aus der KVA für das BBZ in Weinfelden ca. ein Sechstel der gesamten Endenergie für die Wärme ausmacht, wird das Gesamtbild entsprechend beeinflusst.

Die totalen Wärmekosten belaufen sich 2020 auf ca. Fr. 856'000, dies nach dem Prinzip, wie es zu Beginn dieses Kapitels beschrieben ist. Die Entwicklung der Kosten ist durch den Endenergiebezug und durch die Tarife beeinflusst. Der Endenergiebezug der Gebäude ist wiederum vom effektiven Wärmeverbrauch (Nutzenergie, in diesem Fall nicht klimakorrigiert) und

Grafik 14: Wärmekosten 2017 - 2020

1'000'000								
900,000				_				
800,000	861'240				896'695		855'841	
700'000	001240		830'799					
600,000								
500,000								
400'000								_
								\vdash
300,000								-
200'000				\vdash				-
100,000								_
0								
	2017		2018		2019		2020	
Kosten Wärme in Fr.								

⁽¹⁾ Beispielsweise erdoel.ch, gaspreise.preisueberwacher.ch oder pelletpreis.ch

durch die Effizienz der Wärmeumwandlung beeinflusst. Weiter kann sich jährlich der Anteil der Erzeugungen unterscheiden bei bivalenten/trivalenten Anlagen.

Schlussendlich sind es somit vier Faktoren, die die Wärmekosten beeinflussen. Wie in Kapitel 3.1 ersichtlich, ist der Endenergieverbrauch für die Wärmeerzeugung 2017 bis 2020 leicht rückläufig (- 5.5 % von 2017 bis 2020). Im selben Kapitel ist ersichtlich, dass sich der Mix der Wärmeerzeugung nach Energieträger 2017 bis 2020 nur marginal geändert hat.

Dass die Wärmekosten 2020 nur um 0.6 % tiefer sind als 2017, muss somit mit höheren Tarifen zu tun haben. Dies ist auch tatsächlich der Fall beim Strom, beim

Gas und beim Öl. Dies illustriert auch die folgende Grafik 15.

Die spezifischen Wärmekosten von 2017 bis 2020 bewegen sich kongruent zu den absoluten Wärmekosten (siehe Grafik 14, Seite 22), denn die Energiebezugsfläche hat sich in den drei Jahren nicht geändert.

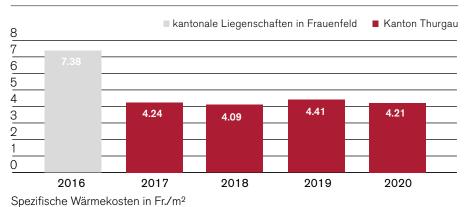
Der grau markierte Balken des Jahres 2016 zeigt die Objekte der kantonalen Lie-genschaften in Frauenfeld, die im Energiebericht 2018 ausgewiesen wurden. Der Vergleich mit diesen spezifischen Kosten ist schwierig. Der Ansatz, wie zu Beginn des Kapitels beschrieben, konnte nur rückwirkend auf 2017 bis 2020 angewendet werden. Somit sind 2016 effektive Contractingkosten ausschlaggebend

für die hohen spezifischen Kosten.

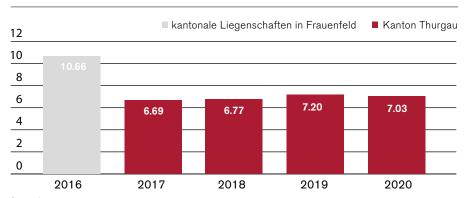
Pro kWh Wärme wurden 2020 durchschnittlich sieben Rappen bezahlt. Der hohe Wert 2016 ist bereits in Grafik 15 erläutert.

2017 bis 2020 hat sich der durchschnittliche Tarif für alle Energieträger um 5.2 % verteuert. Wie schon erwähnt, hat sich die Holzenergie kaum verteuert. Der Sprung im Stromtarif beträgt in diesen drei Jahren 4.2 %, für Gas 27 % und für Öl 29 %.

Grafik 15: Spezifische Wärmekosten in Fr./m²



Grafik 16: Wärmekosten in Fr./kWh Wärme



Spezifische Wärmekosten in Rp./kWh

3.3.1 Wärmekosten pro Gebäude

Die folgenden Grafiken zeigen die spezifischen Kosten pro Gebäude. Im Gegensatz zu den Grafiken in Kapitel 3.2.1 (Wärmeverbrauch Nutzenergie pro Gebäude) ist in diesen Auswertungen die Art der Wärmeerzeugung relevant. Objekte mit Wärmepumpe oder Holzheizungen profitieren von tieferen Energiepreisen als Ob-jekte mit Gasoder Ölheizungen.

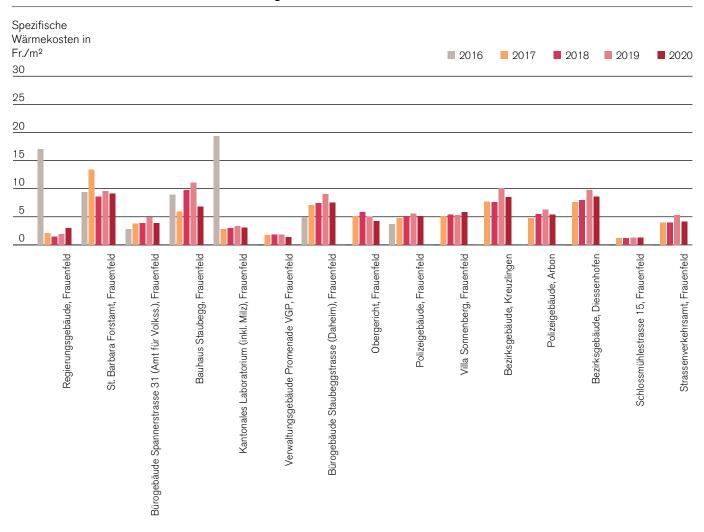
Wie in Kapitel 3.3 beschrieben, weicht die Kalkulation der Kosten ab gegen-

über der Zeit vor 2017. Aus diesem Grund gibt es teilweise massive Abweichungen von den Werten, die schon im Energiebericht 2018 ausgewiesen wurden (2013 bis 2016).

Die höchsten Kosten pro m² Energiebezugsfläche weist 2020 das Forstamt St. Barbara in Frauenfeld aus. Das Gebäude hat an sich schon hohe Nutzenergiebezüge und eine Holzheizung (teuerster Tarif im 2020).

Gegenüber 2019 gibt es viele Abweichungen bei den Kosten, auch wenn die Nutzenergie nicht abweicht von 2019. Beispielsweise hat das Bauhaus Staubegg noch den identischen Verbrauch von ca. 165 kWh/m2*a, jedoch haben sich die fossilen Energieträgem 2020 deutlich verbilligt. Der Gaspreis ist um 15 % zurückgegangen, der Ölpreis um 30.5 %.

Grafik 17: Wärmekosten in Fr./m² (Büronutzungen)

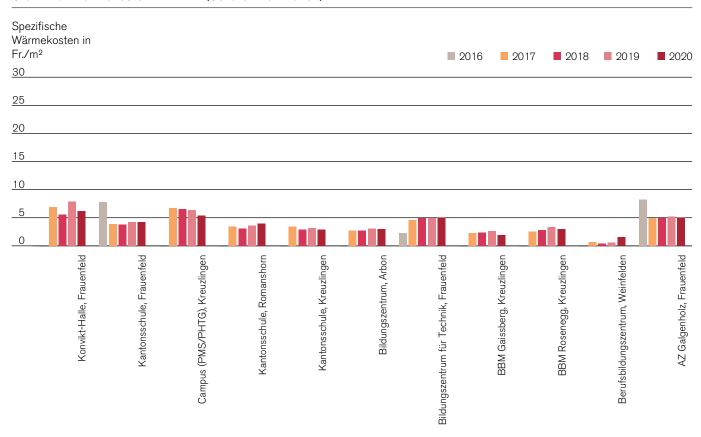


Die höchsten spezifischen Kosten weist 2019 die Konvikthalle aus. Der spezifische Verbrauch ist schon der Spitzenreiter bei den Schulen/Turnhallen (siehe Grafik 12, Seite 20). Durch die eher günstige Produktion mit hohem WP-Anteil wird dies in der Kostensicht zu einem grossen Teil kompensiert.

Der Campus Kreuzlingen weist die zweithöchsten spezifischen Kosten (5.4 Fr./ m^{2*}a) und spezifischen Verbräuche von 90 kWh/m²*a aus.

Neben der Konvikthalle weist das BBZ Weinfelden gegenüber der Verbrauchsbetrachtung (siehe Kapitel 3.2.1) eine massive Verbesserung aus. Dies ist der Methodik der Wärmekosten geschuldet. KVA-Wärmekosten sind mit null Rappen/ kWh eingesetzt (siehe Kapitel 3.3). Der Fas-Anteil hat sich im BBZ jedoch gegenüber 2019 mehr als verdreifacht.

Grafik 18: Wärmekosten in Fr./m² (Schulen/Turnhallen)

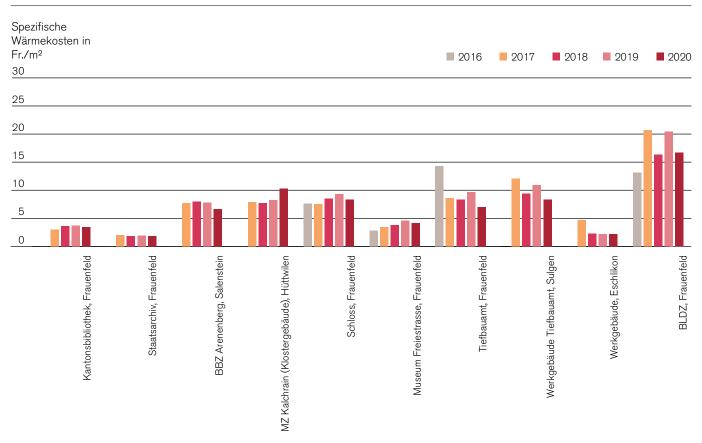


Das Massnahmenzentrum Kalchrain, das Tiefbauamt und die Büro- Lehrmittel und Drucksachenzentrale (BLDZ) weisen die höchsten spezifischen Kosten aus. Das korrespondiert mit dem spezifischen Verbrauch (siehe Grafik 13, Seite 21).

Die positiven Spitzenplätze werden durch das Staatsarchiv in Frauenfeld und das Werkgebäude in Eschlikon belegt, die auch schon tiefe spezifische Verbräuche ausweisen.

Eher tiefe Werte hat die Kantonsbibliothek, dies aus denselben Gründen wie bei der Konvikthalle, siehe Abschnitt zuvor.

Grafik 19: Wärmekosten in Fr./m² (Sondernutzungen)







4 **Strom**

4.1 Stromverbrauch

Die in diesem Kapitel ausgewiesenen Mengen an elektrischer Energie und die dazugehörigen Kosten sind exklusive der Mengen, die für die Wärmeerzeugung verwendet werden. Die Strombezüge für Wärme wurden schon in Kapitel 3 ausgewiesen.

Die gesamte Strommenge, die vom Kanton Thurgau verbraucht wird, ist erneuerbar erzeugt. Rund 63 % stammen aus Wasserkraft. 4 % stammen aus Biomasse und knapp ein Drittel aus PV-Anlagen. Der PV-Anteil teilt sich wiederum auf in 49 % Eigenerzeugung (siehe Kapitel

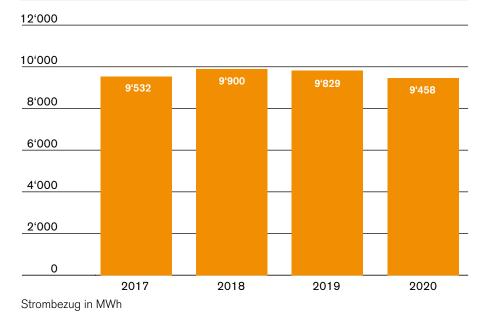
4.3), 38 % Solarstrom mit ökologischem Mehrwert und 13 % aus dem Anteil Solarstrom, der im Strommix der Energieversorgungsunternehmen enthalten ist. Mit dem ökologischen Mehrwert wird der Anteil KVA-Strom und ein kleiner Anteil Kern-Energie kompensiert.

Für die kantonalen Liegenschaften wurden 2020 total 9'458 MWh Strom bezogen. Gegenüber den drei Jahren zuvor ist das erste Mal eine Reduktion erkennbar. Die Reduktion 2020 gegenüber 2017 beträgt 0.8 %.

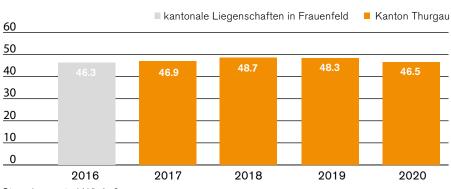
Der spezifische Bezug lag 2020 bei 46.5 kWh/m². Die SIA-Vergleichswerte für Neubauten (Büro/Schule) liegen bei 36 kWh/m², wobei diese Vergleichswerte je nach Lie-genschaft und effektiver Nutzung stark variieren.

Gegenüber den spezifischen Bezügen der kantonalen Liegenschaften in Frauenfeld von 2017 liegen die spezifischen Verbräuche über den gesamten Kanton absolut im Rahmen.

Grafik 20: Entwicklung Stromverbrauch 2017 - 2020



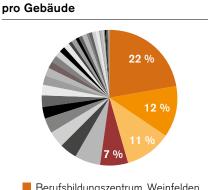
Grafik 21: Spezifischer Stromverbrauch in kWh/m²



Strombezug in kWh/m²

Absolut gesehen verbrauchen vier Objekte mehr als die Hälfte der elektrischen Energie: BBZ Weinfelden, Campus Kreuzlingen, Polizeigebäude Frauenfeld und BBZ Arenenberg. Die Reihenfolge ist beinahe identisch wie bei der Wärmeenergie. Nur das Polizeigebäude ersetzt die Kantonsschule Frauenfeld. Die Verhältnisse und die weiteren Anteile sind der Grafik 22 zu entnehmen.

Grafik 22: Absolute Strommenge

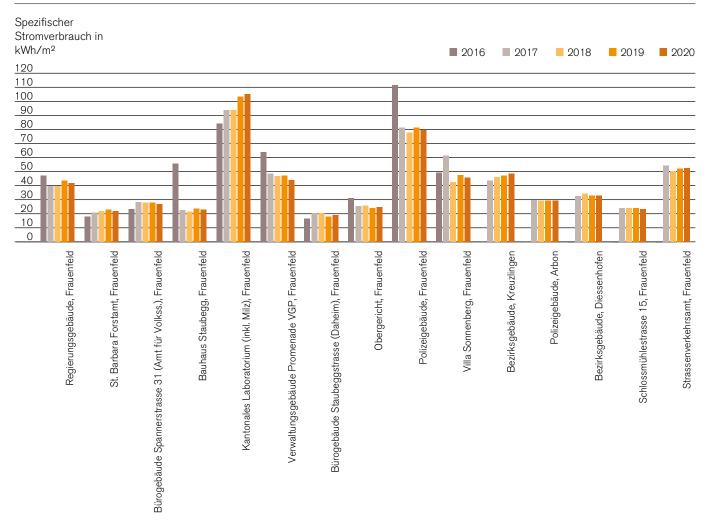


- Berufsbildungszentrum, Weinfelden
- Campus (PMS/PHTG), Kreuzlingen
- Polizeigebäude, Frauenfeld
- BBZ Arenenberg, Salenstein

4.1.1 Stromverbrauch pro Gebäude

Der Vergleich aller Gebäude mit Büronutzungen zeigt 2020 Werte zwischen 19 und 105 kWh/m^{2*}a. Die niedrigsten Werte weisen die "einfachen" kleinen Gebäude auf, die mit wenig Technik ausgerüstet sind. Je mehr Technik, desto höher der spezifische Verbrauch. So ist es nicht verwunderlich, dass das kantonale Laboratorium die höchsten spezifischen Werte ausweist. Auch das Polizeigebäude in Frauenfeld kommt 2020 auf 80 kWh/m2.

Grafik 23: Spezifischer Stromverbrauch in kWh/m² je Liegenschaft (Büronutzungen)



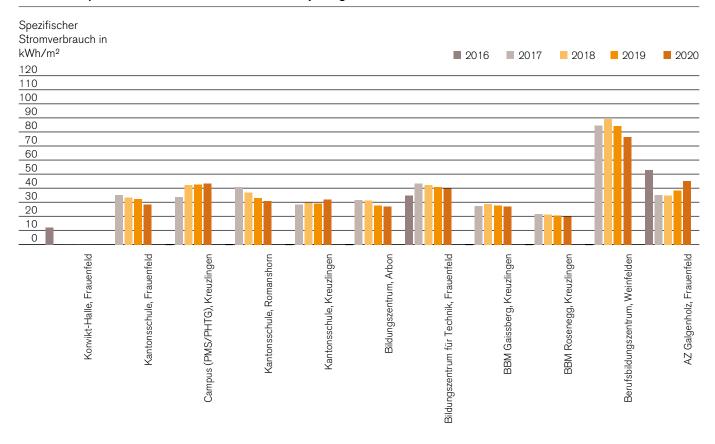
Für die Konvikthalle konnte aktuell der Stromverbrach nicht eruiert werden. Mit Ausnahme der Gebäude BBM Rosenegg und BBZ Weinfelden liegt der spezifische Stromverbrauch bei allen Objekten zwischen 27 und 45 kWh/m^{2*}a, was dem erwarteten Rahmen entspricht.

Das BBM Rosenegg liegt mit knapp über 20 kWh/m²*a sehr tief. Aufgrund von temperierten Räumen, die zum Dämmperimeter gehören, jedoch kaum Energie beziehen, sind die spezifischen Werte dieser

Liegenschaft tief.

Das BBZ Weinfelden weist mit 77 kWh/m2*a den höchsten Wert auf. Dies wird am Schwimmbad liegen. Der Trend der letzten drei Jahren zeigt jedoch nach unten. Auch im Campus Kreuzlingen befindet sich ein Schwimmbad, im Campus wird 44 kWh/m^{2*}a erreicht.

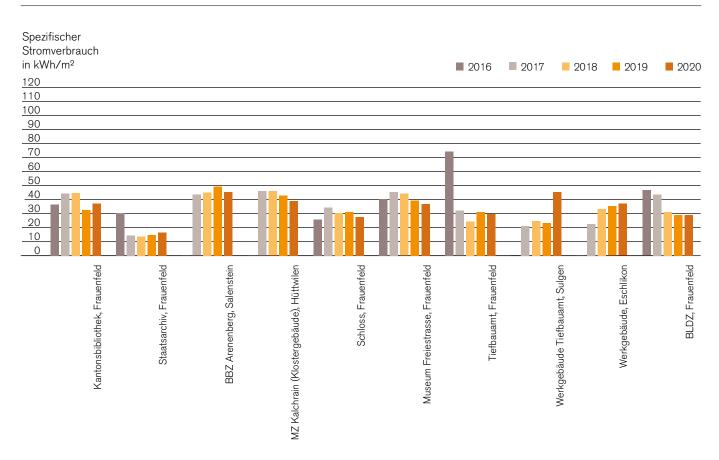
Grafik 24: Spezifischer Stromverbrauch in kWh/m² je Liegenschaft (Schulen/Turnhallen)



Am wenigsten Strom pro m² braucht das Staatsarchiv, Frauenfeld. Dies wird mit dem tiefen Technisierungsgrad und der geringen Anzahl Arbeitsplätze zu tun haben. Vermutlich hat auch die Beleuchtung kürzere Betriebszeiten.

Die höchsten Werte weisen BBZ Arenenberg und das Werkgebäude Tiefbauamt in Sulgen aus. Der Werkhof in Sulgen weist 2020einen starken Anstieg aus, der zu beobachten ist.

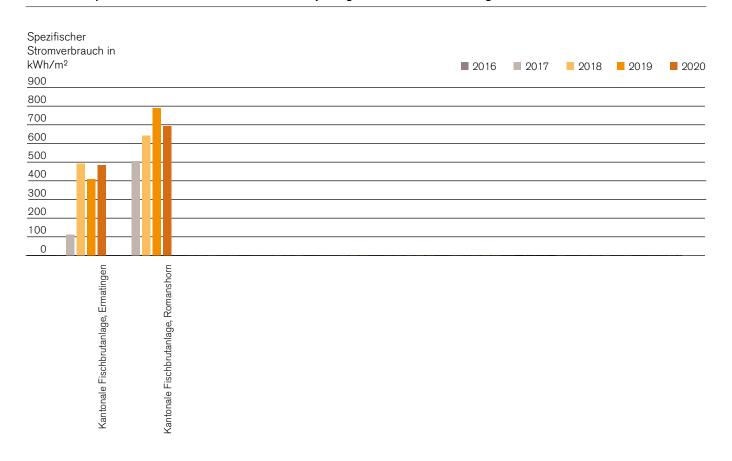
Grafik 25: Spezifischer Stromverbrauch in kWh/m² je Liegenschaft (Sondernutzungen)



Die Fischbrutanlagen werden aufgrund der sehr hohen spezifischen Werte separat visualisiert. Beide Fischbrutanlagen zusammen weisen eine Fläche von weniger als 700 m² auf und repräsentieren also 0.3 % des ganzen Gebäudeparks.

Die grossen Unterschiede zwischen den Fischbrutanlagen Ermatingen und Romanshorn sind zu analysieren. Der tiefe spezifische Wert der Frischbrutanlage in Ermatingen wurde erreicht, weil in diesem Jahr die Kälteanlage ausser Betrieb genommen wurde.

Grafik 26: Spezifischer Stromverbrauch in kWh/m² je Liegenschaft (Fischbrutanlagen)



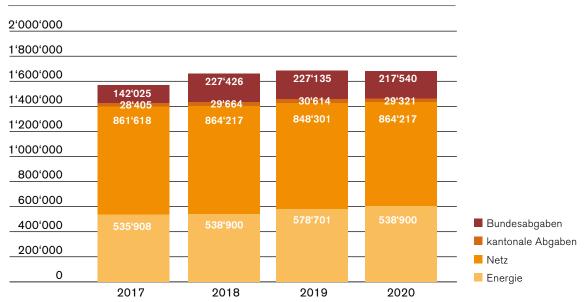
4.2 Stromkosten

Die Stromkosten sind über einheitliche Tarife für alle Standorte berechnet. Die Stromtarife basieren auf den Datenerhebungen der Elcom (Eidgenössische Elektrizitätskommission). Als Verbrauchsprofil wird C3 verwendet, das einem durchschnittlichen Verbrauchsprofil der Thurgauer Objekte entspricht. Alle Preiskomponenten sind spezifisch für den Kanton Thurgau gewählt.

Von 2017 bis 2020 ist eine kontinuierliche Steigerung der Stromkosten zu erkennen die im 2020 gebremst wurde. Die Zunahme von 2020 gegenüber 2017 beträgt 7.1 %. Wie in Grafik 20 ersichtlich, betrug die Abnahme des Stromverbrauchs in der identischer Zeit 0.8 %. Somit lässt sich sagen, dass die Tarife gestiegen sind. Die Kosten für das Netz (grösster Kostenblock) konnten leicht reduziert werden. Die Kosten für die Energie (zweitgrösster Kostenblock) steigen um 12.6 % in der Betrachtungsperiode. Die kantonalen Abgaben (marginaler Anteil) stiegen "nur"

um 3.2 %. Hingegen wuchsen die Bundesabgaben in der Zeit zwischen 2017 bis 2020 um 53 %. 2017 machten die Bundesabgaben noch 9 % der Stromkosten aus, 2020 sind das schon 13 %.

Grafik 27: Stromkosten 2017 - 2020



Kosten Strom in Fr.

Die spezifischen Stromkosten liegen im Rahmen der Werte von Frauenfeld mit Erfassung der effektiven Kosten. Der Anstieg in den Jahren 2017 bis 2020 ist kongruent mit dem Anstieg der absoluten Kosten.

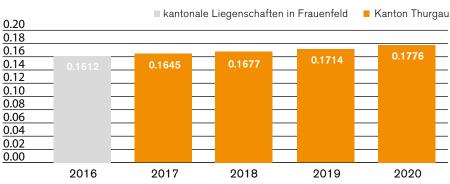
Zu Beginn des Kapitels 4.2 sind die Gründe für die Zunahme der Stromtarife ausführlich beschrieben. Hauptsächlich dafür verantwortlich sind die Bundesabgaben. Die Tatsache, dass die Tarife sehr nahe bei den Werten von Frauenfeld mit tatsächlicher Erfassung liegen, beweist, dass die Art der Kostenerfassung (wie zu Beginn des Kapitels 4.2 beschrieben) sehr nahe an die Realität kommt.

Grafik 28: Stromkosten in Fr./m²



Spezifische Stromkosten in Fr./m²

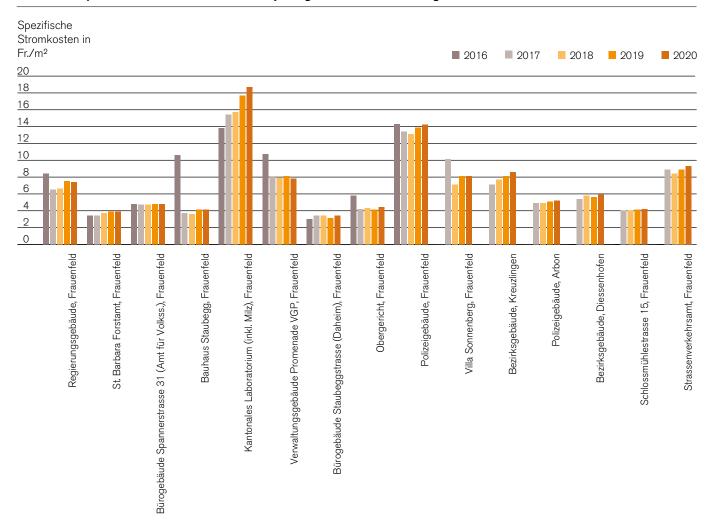
Grafik 29: Stromkosten in Fr./kWh Strom



Spezifische Stromkosten in Fr./kWh

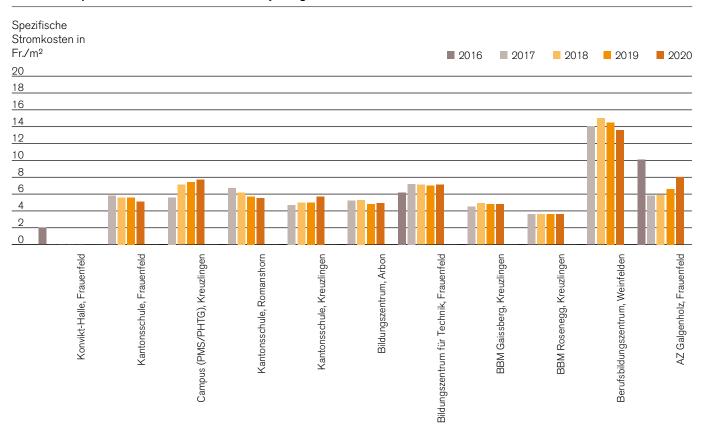
Die Stromkosten pro Gebäude verhalten sich 2017 bis 2020 zu 100 % kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 4.2.

Grafik 30: Spezifische Stromkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Büronutzungen)



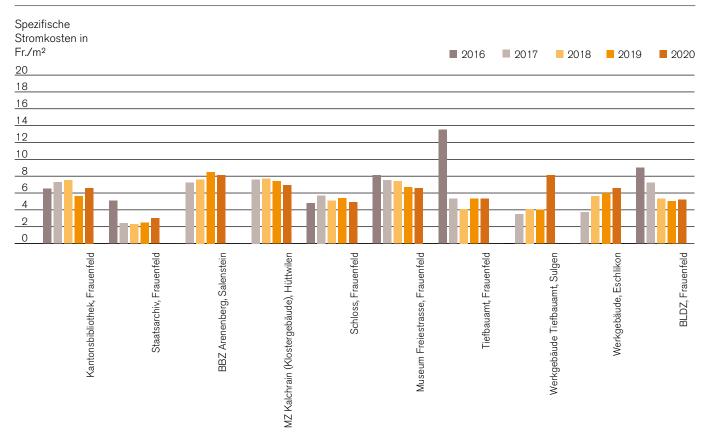
Die Stromkosten pro Gebäude verhalten sich 2017 bis 2020 zu 100 % kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 4.2.

Grafik 31: Spezifische Stromkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Schulen/Turnhallen)



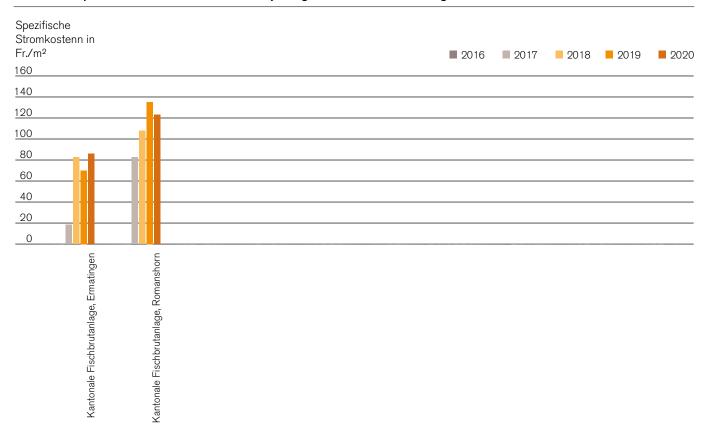
Die Stromkosten pro Gebäude verhalten sich 2017 bis 2020 zu 100 % kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 4.2.

Grafik 32: Spezifische Stromkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Sondernutzungen)



Die Stromkosten pro Gebäude verhalten sich 2017 bis 2020 zu 100 % kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 4.2.

Grafik 33: Spezifische Stromkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Fischbrutanlagen)



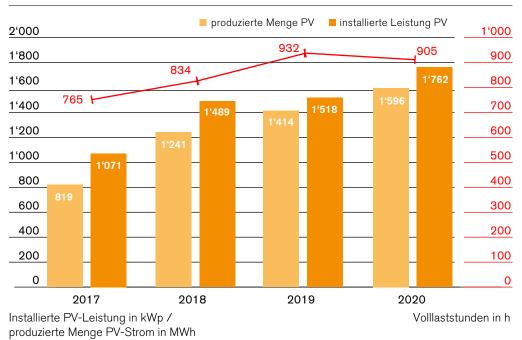
4.3 Photovoltaik (PV)

In den letzten Jahren hat ein eindrücklicher Ausbau der PV-Kapazität stattgefunden. Die installierte Leistung ist zwischen 2017 und 2020 um 64 % gesteigert worden, auf 1'762 kWp. Die produzierte Menge konnte sogar noch stärker gesteigert werden, um 95 % auf 1'596 MWh/a. Die Effizienz der PV-Anlagen, ausgedrückt in Volllaststunden(1), liegt bei einem, für das Mittelland guten, Wert von 906 h.

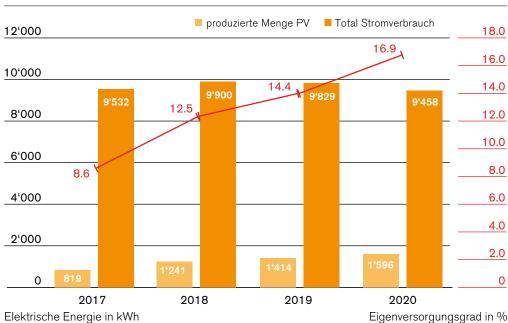
Eindrücklich ist illustriert, dass 16.9 % der elektrischen Energie durch die eigenen

PV-Anlagen erzeugt wurden. Dieser Eigenversorgungsgrad konnte in den letzten vier Jahren deutlich gesteigert werden, von 8.6 % auf 16.9 %.

Grafik 34: Entwicklung PV



Grafik 35: Eigenversorgung PV

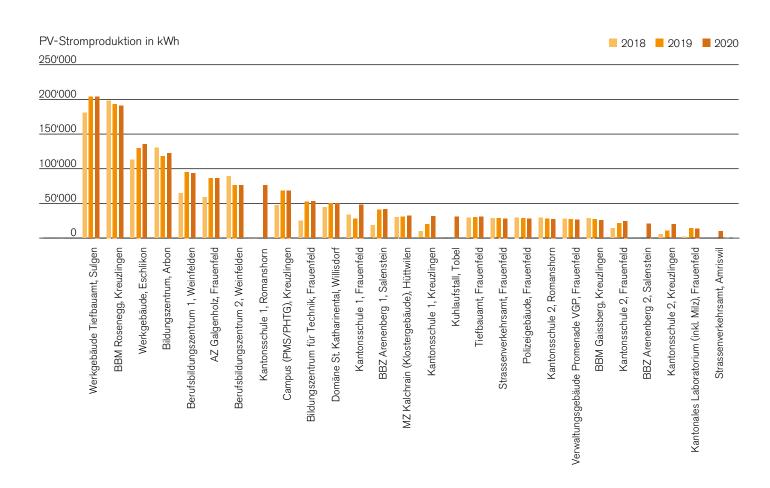


⁽¹⁾ Produzierte Menge PV-Strom in MWh geteilt durch installierte Leistung in MW. Ein Wert von 1'000 h ist sehr gut im Mittelland.

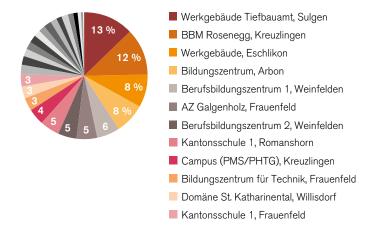
In Grafik 36 sind 2019 die einzelnen Anlagen sortiert nach der produzierten Menge . Am meisten produzierte die Anlage des Tiefbauamts im Werkhof Sulgen, gefolgt vom BBM Rosenegg.

Die Darstellung der Grafik 37 zeigt, dass sechs Anlagen etwas mehr als die Hälfte der PV-Mengen produzieren. 12 Anlagen produzieren 75 % der PV-Menge.

Grafik 36: Produktion PV von Anlage



Grafik 37: Produktion PV pro Anlage im Jahr 2020





5 Wasser

5.1 Wasserverbrauch

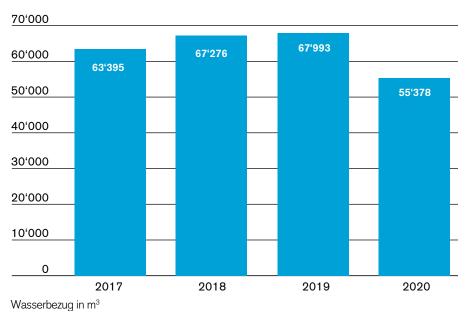
Der Wasserbezug über alle Liegenschaften betrug 2020 55'378 m³ oder 674 Badewannenfüllungen⁽¹⁾ pro Tag. Corona bedingt hat der Wasserkonsum stark abgenommen. Gegenüber 2017 wurde 2020 12.6 % weniger Wasser verbraucht.

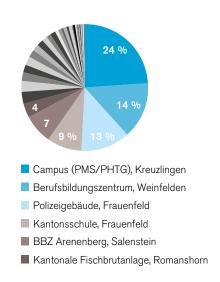
Der spezifische Bezug lag 2020 bei 272 I/m². Gegenüber den spezifischen Verbräuchen der Frauenfelder Liegenschaften von 2016 liegen die spezifischen Verbräuche über den gesamten Kanton im Rahmen. Gegenüber 2017 ist der identische Verlauf wie bei den absoluten Verbräuchen (siehe Grafik 38) erkennbar.

Absolut gesehen, verbrauchen drei Objekte die Hälfte des Wassers: Campus Kreuzlingen, BBZ, Weinfelden und das Polizeigebäude in Frauenfeld. Es sind die identischen drei Objekte wie bei den Top 3 beim Strom, nur in einer anderen Reihenfolge. Die Verhältnisse und die weiteren Anteile sind der Grafik zu entnehmen.

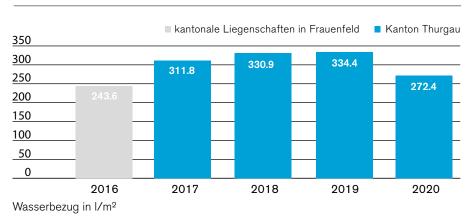
Grafik 40: Absolute Wassermengen pro Gebäude

Grafik 38: Gesamter Wasserverbrauch 2017 - 2020





Grafik 39: Spezifischer Wasserverbrauch in I/m²



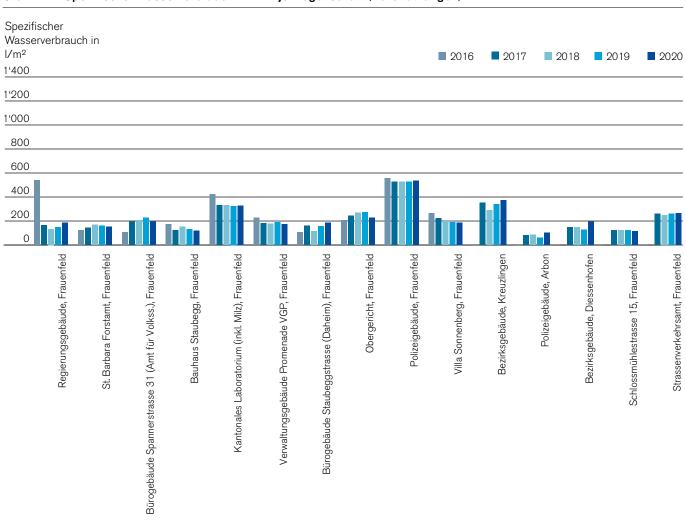
^{(1) 225} Liter pro Badewanne

5.1.1 Wasserverbrauch pro Gebäude

Bezüglich des Wasserverbrauchs der letzten Jahre bezieht das Polizeigebäude in Frauenfeld am meisten Wasser. Dies ist durch die Nutzung zu erklären, weil es eher mit einem Hotelbetrieb verglichen werden müsste. Auch das Bezirksgebäude in Kreuzlingen, in dem sich Haftzellen befinden, hat einen spezifischen

Wasserbezug, der über dem Schnitt von 302 l/m^{2*}a liegt. Auch knapp über dem Durchschnitt aller Liegenschaften ist das Kantonale Laboratorium in Frauenfeld. Dies ist ebenso der Nutzung geschuldet. Am wenigsten Wasser bezog 2020 das Polizeigebäude in Arbon mit 102 l/m².

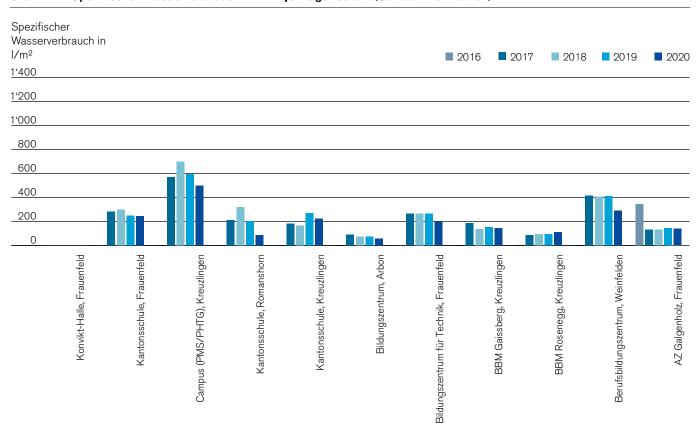
Grafik 41: Spezifischer Wasserverbrauch in I/m² je Liegenschaft (Büronutzungen)



Der Vergleich der Schulen/Turnhallen ist geprägt von der Coronapandemie. 2020 sind massive Unterschiede gegenüber 2019 sichtbar, am deutlichsten in der Kantonsschule Romanshorn. Spitzenreiter im negativen Sinn ist nach wie vor der Campus Kreuzlingen⁽¹⁾. Der Trend zeigt nach unten, wobei noch nicht gesagt werden kann, wie gross der Anteil der

Coronapandemie am Rückgang 2020 ist. Das BBZ Weinfelden betreibt ein grosses Schwimmbad, darum der recht konstante Wert von 400 l/m² vor der Coronapandemie. Die beiden BBM in Kreuzlingen, das BZ Arbon und das AZ Galgenholz beziehen regelmässig deutlich weniger Wasser im Schnitt aller kantonalen Liegenschaften.

Grafik 42: Spezifischer Wasserverbrauch in I/m² je Liegenschaft (Schulen/Turnhallen)

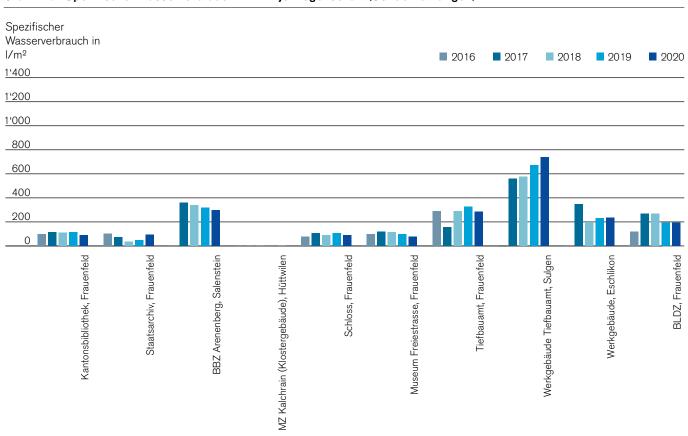


⁽¹⁾ Korrektur Berechnungsgrundlage gegenüber dem Bericht 2019

Im Vergleich der Sondernutzungen fallen die Tiefbauämter und Werkhöfe auf. Der hohe Wasserbezug ist nachvollziehbar bei dieser Nutzung. Auch recht hoch ist der Wasserbezug im BBZ Arenenberg mit knapp 300 l/m^{2*}a, was über dem Schnitt der Sondernutzungen liegt. Werte unter 100 l/m²*a erreichen die Objekte Kantonsbibliothek, Staatsarchiv, Schloss und

Museum, alle in Frauenfeld.

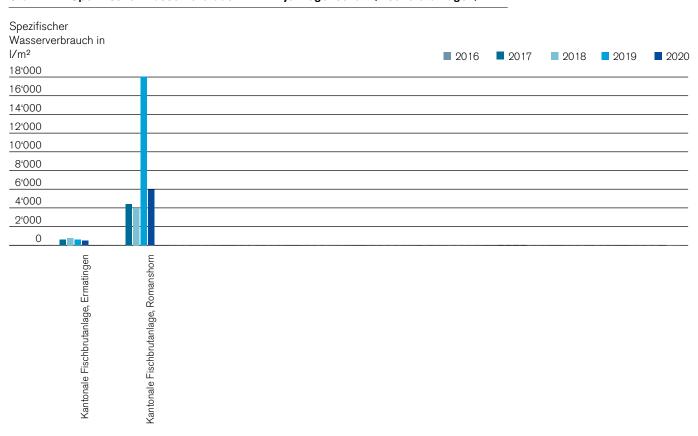
Grafik 43: Spezifischer Wasserverbrauch in I/m² je Liegenschaft (Sondernutzungen)



Die Fischbrutanlagen werden in einer separaten Kategorie gezeigt. Pro m² Fläche wird überdurchschnittlich viel Wasser benötigt, was nicht vergleichbar ist mit anderen Nutzungen. 2019 hat die Fischbrutanlage Romanshorn einen Rekordwert von 18'000 l/m^{2*}a erreicht. 2020 liegt der Wert wieder um Faktor drei darunter. Normalerweise wird Seewasser

für die Befüllung der Becken verwendet. Aufgrund des starken Muschelbefalls 2019 fiel das Pumpensystem aus. Als Notlösung mussten damals die Becken mit Leitungswasser befüllt werden.

Grafik 44: Spezifischer Wasserverbrauch in I/m² je Liegenschaft (Fischbrutanlagen)

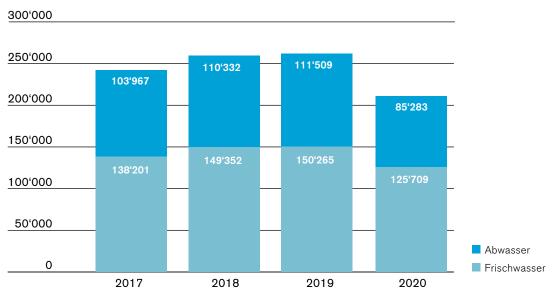


5.2 Wasserkosten

Der Wassertarif basiert auf den Datenerhebungen des Eidgenössischen Preisüberwachers. Dabei werden die Tarife der Gemeinden Arbon, Frauenfeld, Kreuzlingen, Romanshorn und Weinfelden ausgewertet. Aus diesen einzelnen Tarifen wird ein gewichteter Mittelwert errechnet. Die Gewichtung erfolgte nach bezogenem Wasser der jeweiligen Objekte in den Gemeinden. Wie schon bei der Wärme und beim Strom können also die hier ausgewiesenen Kosten von den tatsächlichen Kosten abweichen.

Die Wasserkosten haben sich von 2017 bis 2020 um 12.9 % reduziert. Der Wasserbezug hat sich in der gleichen Zeit um 12.6 % reduziert (siehe Kapitel 5.1). Somit ist der Wassertarif beinahe konstant in der Betrachtungsperiode. Betreffend die Entwicklung der Tarifkomponenten ist keine Verschiebung der Anteile zu erkennen.

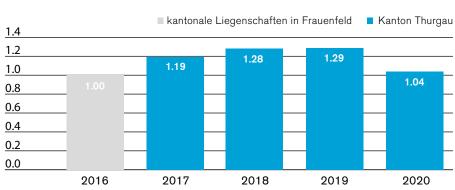
Grafik 45: Wasserkosten 2017 - 2020 in Fr.



Die Entwicklung der spezifischen Wasserkosten folgt dem Bild der spezifischen Wasserbezüge (siehe Grafik 39, Seite 43). Im Vergleich zu den Wärmeund Stromkosten machen die Wasserkosten mit 1.04 Fr./m^{2*}a einen bescheidenen Anteil aus.

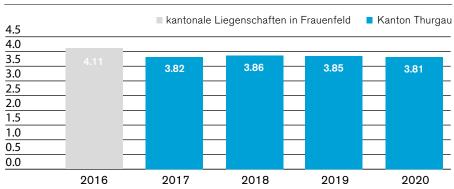
Die Wassertarife bewegten sich 2020 bei 3.80 Fr./m³. Der Vergleich zu den Werten mit Frauenfelder Daten (grauer Balken) zeigt, dass die neue Art der Erhebung der Wasserkosten (siehe Kapitel 5.2) sehr nahe an die tatsächlichen Ausgaben kommt. Denn die Kosten für Frauenfeld wurden ab 2016 nach effektiv verrechneten Kosten ausgewiesen.

Grafik 46: Wasserkosten in Fr./m²



Spezifische Wasserkosten in Fr./m²

Grafik 47: Wasserkosten in Fr./kWh

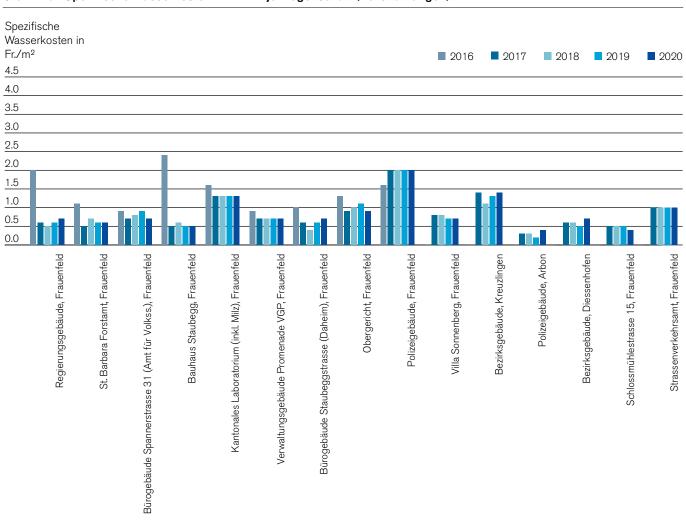


Spezifische Wasserkosten in Fr./kWh

5.2.1 Wasserkosten pro Gebäude

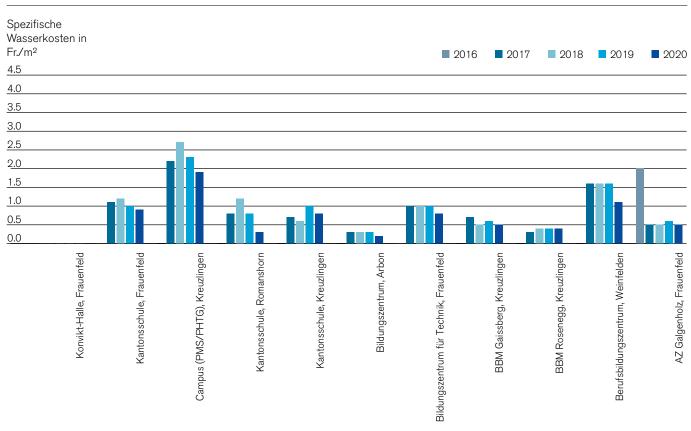
Die Wasserkosten pro Gebäude verhalten sich von 2017 bis 2020 zu 100 % kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 5.2.

Grafik 48: Spezifische Wasserkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Büronutzungen)



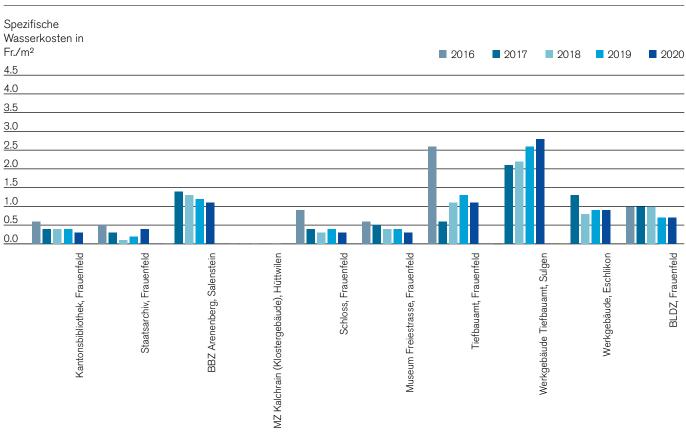
Die Wasserkosten pro Gebäude verhalten sich von 2017 bis 2020 zu 100 %kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 5.2.

Grafik 49: Spezifische Wasserkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Schulen/Turnhallen)



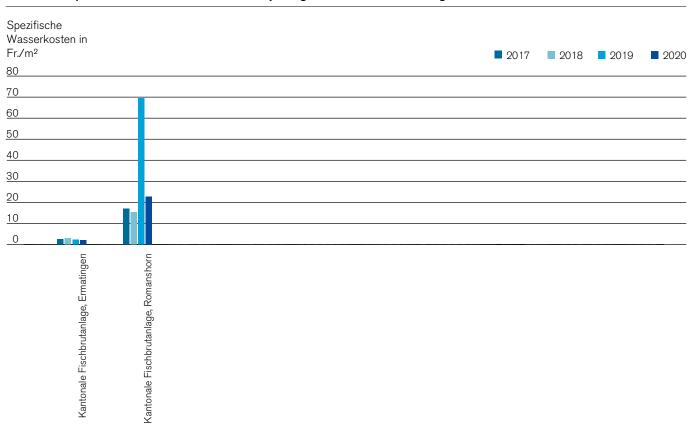
Die Wasserkosten pro Gebäude verhalten sich von 2017 bis 2020 zu 100 %kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 5.2.

Grafik 50: Spezifische Wasserkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Sondernutzungen)



Die Wasserkosten pro Gebäude verhalten sich von 2017 bis 2020 zu 100 %kongruent zu den spezifischen Verbräuchen, da mit einheitlichen Tarifen gerechnet wurde. Siehe dazu die Bemerkungen in Kapitel 5.2.

Grafik 51: Spezifische Wasserkosten in Fr./m² je Liegenschaft (Fischbrutanlagen)





6 Treibhausgasemissionen, Transmissionspfad

6.1 Treibhausgasemissionen

Verantwortlich für den Ausstoss von Treibhausgasen (THG) ist die Endenergie, also die Wärme und der Strom. Das Wasser wird nicht ohne Verursachung von THG-Emissionen zur Verfügung gestellt. Es ist jedoch unüblich, den Wasserverbrauch mit einer THG-Emission zu belasten. Weiter sind keine Kennzahlen verfügbar.

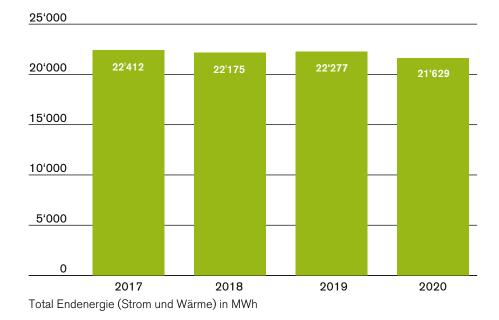
Die Entwicklung der totalen Endenergie zeigt einen unspektakulären Verlauf in den letzten drei Jahren. Die totale Endenergie hat sich um 0.6 % erhöht auf 22.3 GWh, verglichen mit 2017. Auf das Mass der THG-Emissionen hat der Energieträger wesentlichen Einfluss.

2020 wurden rund 1'532 Tonnen Treibhausgase durch die kantonalen Liegenschaften emittiert. 70 % der Emissionen wurden durch die Bereitstellung der Wärme verursacht. In diesem Anteil ist auch der Strom für die Wärmepumpen enthalten.

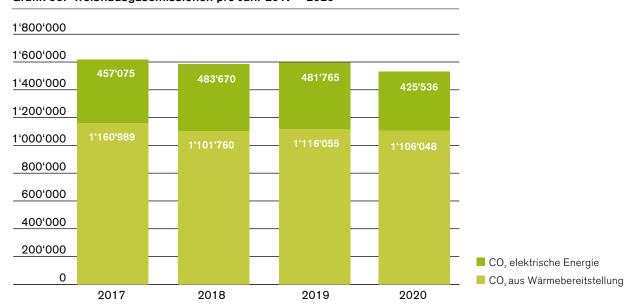
Der restliche Strombedarf hat 30 % der THG-Emissionen verursacht. Auch wenn der Kanton Thurgau zu 100 % erneuerbaren Strom bezieht und erzeugt, werden trotzdem Treibhausgase verursacht. Um die spezifischen Emissionen zu berechnen, wurde der effektive Strommix berücksichtigt: Wasserkraft 63 %, Sonne: 33 %, Biomasse 4 %.

Bei der Wärme sind es die Energieträger Gas, Öl und Strom, die THG-Emissionen verursachen.

Grafik 52: Endenergie pro Jahr 2017 - 2020



Grafik 53: Treibhausgasemissionen pro Jahr 2017 - 2020

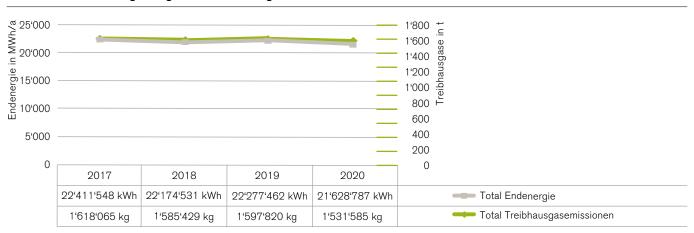


Treibhausgasemissionen in kg

6.2 Transmissionspfad Energie

Der Transmissionspfad beinhaltet einerseits die benötigte Endenergie und andererseits den verursachten THG-Ausstoss. Im Transmissionspfad wird auf der X-Achse die spezifische Endenergie angezeigt. Auf der Y-Achse wird der Umwelteinfluss in kg CO₂/kWh angezeigt. Der resultierende Schnittpunkt widerspiegelt die THG-Belastung in kg CO₂/m^{2*}a.

Grafik 54: Entwicklung Energie und Treibhausgase 2017 - 2020



Die Energieklassen A bis G entsprechen im Grundsatz der bekannten Energiekette. Der rote Pfeil (der in Grafik 55 nicht erkennbar ist, da die Punkte fast aufeinanderliegen) zeigt den Weg vom Erfassungsjahr 2017 bis zur Erfassung 2020. Beide Jahre liegen in der Kategorie B. Der Endenergiebedarf in kWh/m2*a ist auf dieser Skala bis 350 kWh/m^{2*}a im untersten Drittel, jedoch nicht auf dem Niveau eines Neubaus. Dafür ist der Umwelteinfluss der genutzten Energie sehr tief. Mit demselben Energieverbrauch

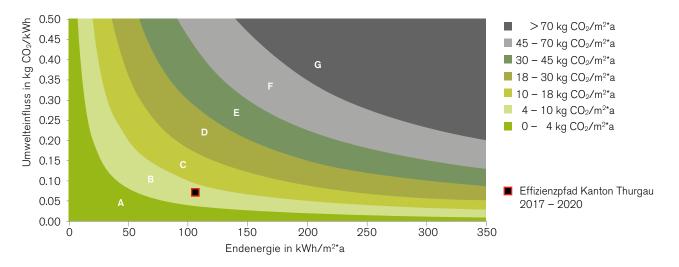
und der Nutzung von "dreckiger" Energie könnte im schlimmsten Fall auch die Kategorie F erreicht werden.

Die Grafik zeigt aber auch, dass mit identischem Endenergiebezug die Kategorie A möglich ist. Dazu müsste der Umwelteinfluss halbiert werden auf 0.035 kgCO₂/kWh.

Eine einfach umsetzbare Massnahme, um den Weg in Richtung Kategorie A in Angriff zu nehmen, wäre das flächendeckende Umsteigen auf Biogas. Vom

THG verursachenden Anteil der Wärme macht Gas 2020 74 % aus. Wärme macht wiederum 70 % der THG-Emissionen aus. Somit wäre mit dieser Massnahme ein grosser Schritt zur Minderung des schädlichen Umwelteinflusses gemacht. Weitere Verbesserungen wären durch die Reduktion der spezifischen Endenergie erreichbar. Für die Umsetzung der Massnahmen würden das Polizeigebäude in Frauenfeld oder das Tiefbauamt in Frauenfeld infrage kommen.

Grafik 55: Transmissionspfad 2017 - 2020

























Schlussfolgerungen

Wärme

Durch die Investitionen in die energetische Sanierung der kantonalen Liegenschaften sowie den Ersatz von älteren Wärmeerzeugungsanlagen konnte die Effizienz in der Wärmeerzeugung gesteigert werden. Der Wärmeverbrauch hingegen stagniert. Um eine Verbesserung auch im Wärmebereich ausweisen zu können, empfiehlt sich, die Gebäude mit der grössten Wirkung zu untersuchen. Gemäss Bericht ist dies das Polizeigebäude mit dem Gefängnis in Frauenfeld. Hier ist bereits eine Sanierung der Gebäude angedacht.

Strom

Der Stromverbrauch hat in den letzten Jahren wieder langsam zugenommen. Dies, weil vermehrt elektrische Verbraucher wie Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen im Einsatz sind und mehr automatisierte Gebäudeteile wie Storen und dergleichen verbaut wurden. Diese Verbraucher sollen in den kommenden Jahren analysiert und wo möglich im Verbrauch optimiert werden.

Photovoltaik (PV)

Die positive Entwicklung der eigenen PV-Anlagen ist erfreulich. Es kann bereits 17 % des gesamten Strombedarfs durch eigene PV-Anlagen abgedeckt werden. Hier gilt es, diesen Trend fortzuführen und weitere geeignete kantonale Liegenschaften mit einer PV-Anlage auszustatten.

Wasser

Der Wasserverbrauch hat durch den Lockdown während der Coronapandemie vor allem in den Schulen stark abgenommen. Es gilt, weiterhin den Verbrauch in den Schulen im Auge zu behalten, mit den Nutzerinnen und Nutzern vertieft zu prüfen und daraus ein Wassersparkonzept zu entwickeln.

Empfehlungen

Wie aus dem Bericht zu entnehmen ist, gibt es mehrere Felder, in welchen sich der Kanton Thurgau in Bezug auf den Energieverbrauch verbessern kann. Dabei sollen bei Sanierungen und Neubauten von kantonalen Liegenschaften immer die bereits bestehenden hohen Anforderungen an die energetischen Massnahmen weitergeführt werden. Eine weitere Möglichkeit, den ökologischen Fussabdruck zu verbessern, besteht darin, beim Energieeinkauf vermehrt auf erneuerbare Energie zu setzen. Dort, wo bereits Erdgas im Einsatz ist, könnte durch den Umstieg auf Biogas die Ökobilanz verbessert werden.

Freie Auswahl kantonaler Liegenschaften und Standorte

- 1 Kantonsschule (Varielbau), Romanshorn
- 2 Kantonsschule, Romanshorn
- 3 BBZ Arenenberg, Salenstein
- 4 Campus (PMS/PHTG), Kreuzlingen
- **5** Bildungszentrum, Arbon
- 6 Berufsbildungszentrum, Weinfelden
- 7 Staatsarchiv, Frauenfeld
- 8 Bildungszentrum für Technik, Frauenfeld
- 9 AZ Galgenholz, Frauenfeld
- 10 Werkgebäude, Eschlikon
- Polizeigebäude, Frauenfeld



Kantonales Hochbauamt Verwaltungsgebäude Promenade 8510 Frauenfeld

T +41 58 345 64 25 F +41 58 345 64 30 www.hochbauamt.tg.ch