

Schulen des Kantons Luzern: Erhebung und Auswertung der Energiekennzahlen

Autor(en): **Stulz, Roland / Baumgartner, Andreas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 49

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75948>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur SIA-Publikationsreihe «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen»

Die Publikationsreihe «Energiekennzahlen von Gebäudegruppen» wird nachfolgend mit Untersuchungen an Schulbauten im Kanton Luzern fortgesetzt. Die Energieverbrauchserhebung im Kanton Luzern zeigt den Rückgang der Energiekennzahlen und der spezifischen Leistungen gegenüber den früheren Erhebungen im Schulbereich. Den

beteiligten Mitarbeitern der amtlichen Stellen des Kantons Luzern sei hier für die gute Zusammenarbeit bestens gedankt.

Die zweite Publikation «Wärmeverbrauch des Wohnsektors» ist ein Auszug aus einer umfangreichen Auswertung der Erhebung der Wohnverhältnisse im Zusammenhang mit der Volkszählung 1980. Die ermittelten

Wohnflächen werden hier mit dem Instrumentarium der Energiekennzahlen verbunden. Gleichzeitig wurde eine Auswertung über installierte Heizleistungen und Kesselgrößen gemacht.

Nach diesen beiden Veröffentlichungen sind auf Frühjahr 1986 noch Artikel geplant. Nachher wird die Publikationsreihe mit einer zusammenfassenden SIA-Dokumentation abgeschlossen.

Kurt Meier, Zürich
Bruno Wick, Widen

Schulen des Kantons Luzern

Erhebung und Auswertung der Energiekennzahlen

Von Roland Stulz und Andreas Baumgartner, Sempach

Dass Energiesparen und damit auch der Umweltschutz vom Kanton Luzern als wichtige Aufgabe erkannt wird, hat er mit seinem Untersuchungsprogramm «Energie im Schulwesen» bewiesen. Im Sommer 1984 erteilte die Kantonale Fachstelle für Energiefragen dem Planungsbüro Sempach/INTEP den Auftrag, den Energieverbrauch der Luzerner Schulen zu erheben und zu analysieren. Von den etwa 250 Schulanlagen im Kanton beteiligte sich die städtische Zahl von 173 Schulen an diesem Untersuchungsprogramm. Aufgrund der von den Gemeinden ausgefüllten Fragebogen wurden die Energiekennzahl und eine Vielzahl von technischen und statistischen Werten für jede Schule einzeln ermittelt. Diese detaillierte Analyse erlaubt es auch, für jedes Objekt die Sanierungsbedürftigkeit abzuschätzen.

Energiesparende Luzerner Schulen, aber . . .

Im Vergleich mit den bisher ausgewerteten Schulen der Kantone Aargau, Basel (Stadt und Land), Solothurn, St. Gallen und Zürich kann sich der Kanton Luzern absolut sehen lassen. Die Energiekennzahl für Heizung und Warmwasser liegt mit $564 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$ – was etwa 13 Litern Heizöl pro Quadratmeter im Jahr entspricht – um 26% tiefer als in den fünf andern Kantonen. Die «teuerste» Schule verheizt pro m^2 und Jahr Fr. 19.70; der Mittelwert liegt bei Fr. 8.60 und der Tiefstwert bei Fr. 3.30. Der Stromverbrauch liegt im Luzerner Durchschnitt 10% unter dem Mittelwert aller 1240 bisher erhobenen Schulen. Die installierte Heizleistung liegt mit 137 W/m^2 rund 15% unter dem Mittel. Bei aller Freude über diese Erfolgsmeldungen muss man jedoch berücksichtigen, dass die Erhebungen in den andern Kantonen Ende der siebziger

ger Jahre – also vor der ersten Sanierungswelle – erfolgten, und deshalb höhere Verbrauchswerte ergaben. Obwohl im Kanton Luzern etliche Gemeinden in den letzten Jahren den Energieverbrauch bereits reduzieren konnten, liegt noch ein beträchtliches Sparpotential brach.

1,7 Mio. Franken pro Jahr sparen

Von den heute verbrauchten 7800 Tonnen Öl könnten etwa 750 Tonnen (oder etwa 570 000.– Fr.) allein durch die Erneuerung von Heizanlagen eingespart werden. Mit einem wirtschaftlich vertretbaren Kosten-Nutzen-Verhältnis könnten sogar etwa 2250 Tonnen – oder etwa 1,7 Mio. Franken – pro Jahr eingespart werden. Aus ökologischen Gründen sollte noch wesentlich mehr Öl gespart und substituiert werden.

Wie geht es weiter

Als «dringende» bis «sehr dringende» Fälle, welche kurzfristig saniert werden

sollten, können 48 Schulen bezeichnet werden. Weitere 92 Anlagen sind nicht direkt sanierungspflichtig, bergen aber ein interessantes Sparpotential. Um all diesen Gemeinden den Weg zur Sanierung aufzuzeigen, liess der Kanton für drei Schulen Muster-Energiekonzepte, sogenannte Feinalysen, erarbeiten. Im September wurden die Gemeinden an einer Informationstagung über das weitere Vorgehen und ihre Möglichkeiten informiert. Bei diesem Anlass erhielt auch jede Gemeinde die drei Muster-Feinalysen als Arbeitshilfe ausgehändigt. Der Kanton und seine Energiefachstelle weisen damit den Weg für konkrete Massnahmen zum Energiesparen und zum Schutze der Umwelt.

Die Resultate der Erhebung

Das gute Resultat der 173 erfassten Luzerner Schulen in Stichworten:

□ Die Energiekennzahl *Wärme* für Heizung und Warmwasser ist mit $564 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$ als Mittelwert 1982 bis 1984 um 26% tiefer als die Ende der siebziger Jahre erhobenen Energiekennzahlen der 5 andern Kantone. In den 173 erfassten Schulen des Kantons Luzern werden jährlich rund 7800 Tonnen Öl verbrannt.

□ Die Energiekennzahl *Strom* ist mit $52 \text{ MJ/m}^2 \text{ a}$ zwar nicht der tiefste Kantonalwert; er liegt aber immerhin 10% unter dem bisherigen Durchschnittswert von 1240 Schulen.

□ Die installierte, respektive die benutzte installierte Heizleistung ist mit 137 W/m^2 ebenfalls der niedrigste Wert und um 15% tiefer als der bisherige Durchschnittswert. Die Heizungen sind im Kantonsdurchschnitt aber trotzdem noch doppelt so gross!

Erhebungs-Kantone	AG	BL	BS	SO	SG	ZH Stadt	Ø 77/81	Luzern 82/84
Anzahl erfasste Schulen	332	168	66	163	388	121	1240	173
Flächen in m ² pro Schüler pro Klasse pro Schule	13,2 281 2430	12,0 252 2800	12,3 318 7700	15,1 266 2590	12,1 249 1541	18,7 342 4442	13,9 285 3560	17,2 361 3460
Schüler pro Klasse Schüler pro Schule Klassen pro Schule	23 188 8	21 214 10	22 660 25	20 186 9	21 126 6	20 259 13	21 270 12	21 168 10
Energiekennzahlen pro m ² E-Wärme E-Strom E-Total Mittl. Jahreswirkungs- grad Heizung in % E-Nutzenergie	815 49 864 55 448	814 54 868 57 464	650 58 708 58 403	900 63 963 56 502	714 46 760 57 430	671 65 736 - -	760 56 816 57 450	564 52 616 73 426
E-Zahlen nach Personen MJ pro Schüler	10 600	9 800	9 000	12 800	8 500	13 800	10 700	9 500
Stromverbrauch kWh pro m ² kWh pro Schüler kWh pro Klasse MWh pro Schule	14 168 3528 39,2	15 198 4215 34,0	14 172 4452 94,7	17 289 5400 45,3	12 153 3141 20,5	18 338 6170 86,6	15 220 4480 53,0	14 240 5200 50,0
Alter und Technik Mittl. Baujahr Schule Mittl. Alter Heizung Spezifische Heizleistung (W/m ²) Mittlere Über- dimensionierung der Heizung in % (80 W/m ² = 100%)	- - 162 101	- - 158 96	1931 - 156 96	1944 1966 204 155	1941 1964 168 110	1942 - 158 98	1939 1965 160 109	1950 - 137 71
Kosten Erhebungs- jahre 1977-1980 Fr. pro m ² EBF Fr. pro Schüler Fr. pro Klasse	- - -	- - -	11.45 146.- 3660.-	11.35 165.- 3060.-	9.80 114.- 2330.-	9.35 194.- 3880.-	10.50 155.- 3200.-	8.60 190.- 3900.-

Tabelle 1. Kantonale Vergleichswerte

(Quelle: B. Wick, Sparobjekt Schulhaus, 180 Seiten, 1982, Verlag Plenar, Widen)

Tabelle 2. Die wichtigsten Kontrollwerte

Tabellenwerte für Ölheizungen Einheit MJ/m ² a	Zielwerte für Neubauten und Totalsanierungen	Luzerner Schulen			
		Sehr gute Werte	Häufigste Werte	Hohe Werte	Schlechte Werte
Energiekennzahlen					
E-Heizen	320	390	440 bis	600 bis	grösser als
E-Warmwasser	50	50	600	780	780
E-Wärme	370	440			
E-Strom	40	40	50	70	100
E-Total	410	480	600	700	900
Spezifische Heizleistungen: (siehe Bild 2) W/m ²	40-50	80	100	140	150
Jahresnutzungsgrad der Heizung: (siehe Bild 3) eta	0,80	0,75	0,72	0,70	0,67
Jahresbetriebsstunden der Heizung: h/a	2500	2000	1200	-	1000

□ Die Verbrauchsstreuung ist recht klein. Als sehr schlecht (E-Wärme > 780 MJ/m²a) müssen nur 12 Schulanlagen eingestuft werden, während 33 Schulen mit dem Prädikat sehr gut (E-Wärme < 440 MJ/m²a) ausgezeichnet werden können. Zwischen den guten (< 600 MJ/m²a) und den schlechten Schulanlagen (> 780 MJ/m²a) befinden sich 36 Sanierungsfälle. Im Mittelfeld liegen also 92 Schulen oder 53%. Die Verbesserung ist in (36 + 12) 48 Fällen dringend bis sehr dringend.

Die 92 Anlagen im Mittelfeld sind nicht direkt sanierungspflichtig, bergen aber doch ein wirtschaftlich realisierbares Sparpotential.

Diese Aufteilung ist aus Bild 1 (Häufigkeitsverteilung E-Wärme) ersichtlich.

Über die Werte der Luzerner Schulen im Vergleich zu anderen Kantonen gibt Tabelle 1 Auskunft.

Nebst den Energiekennzahlen sind noch folgende Werte zu beachten:

□ Die Anzahl Schüler pro Klasse liegt mit 21 im Mittel bisheriger Schulen.

□ Ausgesprochen grossstädtische Verhältnisse (26% über dem Durchschnitt) weist das Platzangebot pro Klasse mit 361 m² auf. Nur die Stadt Zürich (342 m²) erreicht ähnlich hohe Werte. Die St. Galler beispielsweise begnügen sich mit 249 m² pro Klasse oder 69% der Fläche pro Luzerner Klasse. Durch eine Reihe untypischer Objekte (Mehrzweckhallen usw.) mit Flächenangeboten zwischen 600 m² und 1100 m² pro Klasse wird diese Zahl verfälscht.

Als Folge des grossen Raumangebotes pro Klasse liegt auch der Wert pro Schüler mit 17,2 m² sehr hoch (zwischen SO und ZH). Die nächste Folge ist, dass trotz tiefem, spezifischem Energieverbrauch pro Quadratmeter der Energieverbrauch und die Energiekosten pro Schüler vergleichsweise keineswegs ausgesprochen tief sind. Die «teuerste» Schule verheizt pro m² und Jahr Fr. 19.70; der Mittelwert liegt bei Fr. 8.60 und der Tiefstwert bei Fr. 3.30.

Für die wichtigsten Kontrollwerte können beim heutigen Stand der Technik die Werte gemäss Tabelle 2 angegeben werden:

Die mittlere spezifische Heizleistung von 137 W/m² ist zwar wesentlich tiefer geworden (-23 W/m²) (vgl. Bild 2).

Trotzdem sind noch über 80% der Heizungen viel zu gross. Dies führt zu unbefriedigenden Jahreswirkungsgraden und zu unnötiger Umweltbelastung.

Die Folge der zu grossen Heizkessel sind diese unbefriedigenden Nutzungsgrade (oft auch als Wirkungsgrade der

Heizung bezeichnet). Sehr gute Werte von über 85% sind noch sehr selten.

Jahresnutzungsgrade von 90% sind heute bei sorgfältiger Planung leicht erreichbar (vgl. Bild 3).

Aus Bild 4 ist ersichtlich, dass im optimalen Bereich von 2400 bis 2800 Vollbetriebsstunden pro Jahr sehr wenige Heizkessel betrieben werden. Am häufigsten werden nur 1000 Vollbetriebsstunden pro Jahr erreicht. Diese Kessel haben 150% unnötige Reserve. Eine gezielte Kampagne zur Erneuerung der Heizzentralen würde unter den gegebenen Verhältnissen und unter der Annahme einer mittleren Wirkungsgradverbesserung von 75,7% auf 85% eine Öleinsparung von etwa 750 Tonnen pro Jahr oder rund eine halbe Million Franken ergeben.

Ausserordentlich klar ist der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Grösse der Schulanlagen (vgl. Bild 5). Kleine Schulen brauchen verhältnismässig mehr Energie. Es ist allerdings zu beachten, dass einer grossen Zahl von guten, kleinen Anlagen eine Gruppe von 5 ausgesprochen schlechten Anlagen mit Energiekennzahlen von über 900 MJ/m²a gegenüberstehen.

Bei der Sonderauswertung von grossen Schulen (über 6000 m²) steigt aber auch im Kanton Luzern der spezifische Verbrauch wieder stark an. Es handelt sich hier um kleine Fernwärmenetze, die zu hohen Verteilverlusten führen.

Aus Bild 6 geht nochmals in Ergänzung zu den Bildern 3 bis 5 der ausgeprägte negative Einfluss zu grosser Heizanlagen hervor. Zwischen richtig ausgelegten Heizungen (< 80 W/m²) und den zu grossen Heizungen um 200 W/m² liegt ein Mehrverbrauch von über 100 MJ/m² und Jahr oder etwa 3 Litern Öl pro m² und Jahr, bei einem Verbrauch im Kantonsmittel von 15 Litern.

Bezüglich Alter und Energieverbrauch (vgl. Bild 7) stellt man auch in Luzern fest, dass die ältesten Schulen die besten sind. Die Zunahme bis in die sechziger Jahre ist hier allerdings weniger ausgeprägt als in anderen Kantonen. Zu beachten sind aber hier ein Dutzend sehr schlechter Schulen aus den sechziger Jahren. Immerhin wurden nach 1978 keine schlechten Schulen mehr gebaut.

Adresse der Verfasser: R. Stulz, dipl. Arch. ETH, und A. Baumgartner, Ing. HTL, Planungsbüro INTEP, 6203 Sempach-Station

Programm + EDV-Auswertung: Bruno Wick, dipl. Ing. ETH, 8967 Widen.

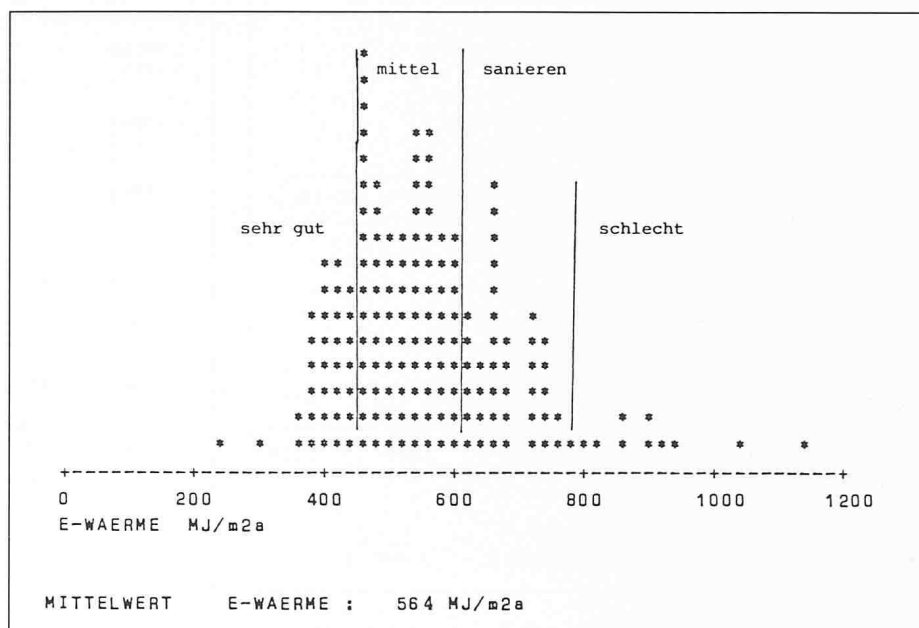


Bild 1. Verteilung von E-Wärme

Bild 2. Verteilung der spezifischen Heizleistung

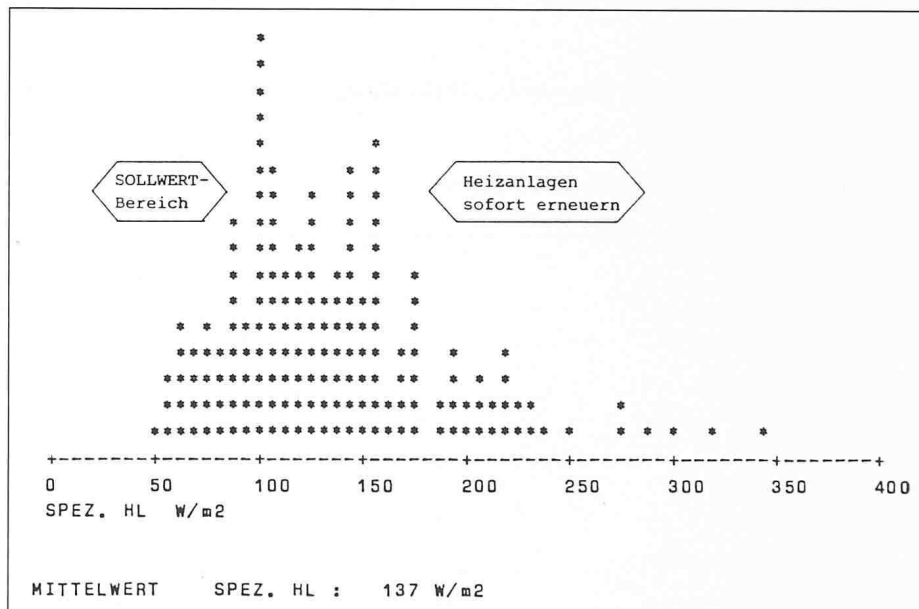
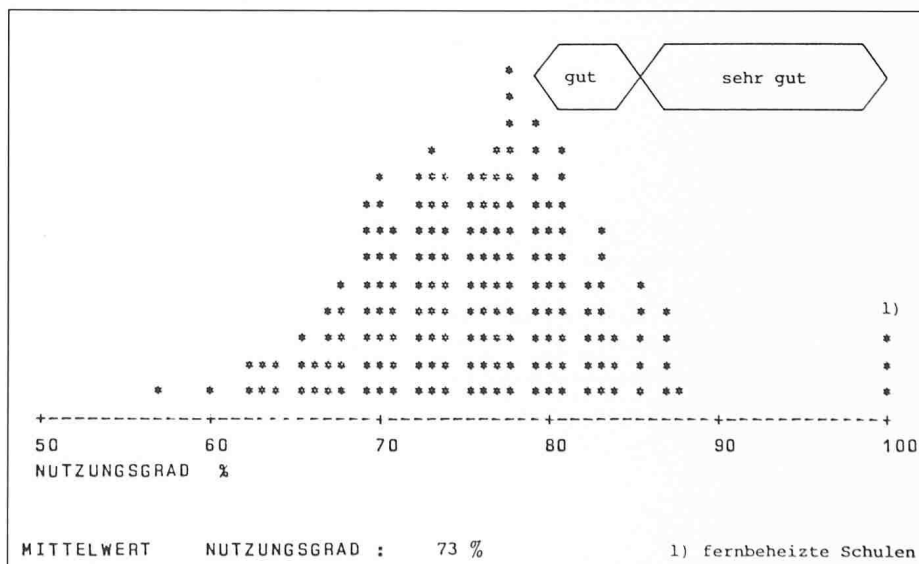


Bild 3. Verteilung des Wärme-Nutzungsgrades



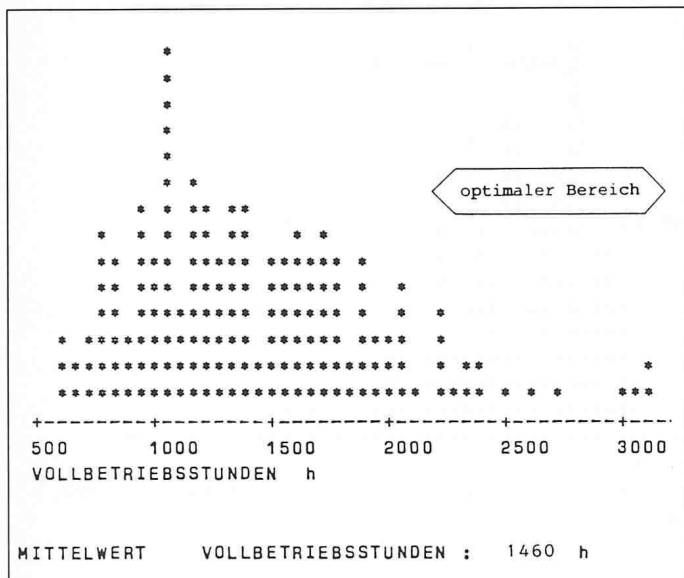


Bild 4 (oben). Verteilung der Vollbetriebsstunden

Bild 5 (rechts). Abhängigkeit von der Grösse

Bild 6 (unten links). Abhängigkeit von der spezifischen Heizleistung

Bild 7 (unten rechts). Altersabhängigkeit von E-Wärme

