

**Klimabezogene
Energie-Verbrauchs-Analysen**

**von
10 Objekten
des Amtes für Bundesbauten**

**Im Auftrag
des Amtes für Bundesbauten
(AFB)**

**Dietikon, 24. Mai 1996
Arch.- & Ing.- Büro Paul Bossert**

Inhaltsverzeichnis

1. Definitionen	Seite 2
2. Zusammenfassung	Seite 3
3. Auftrag	Seite 4
4. Ziele	Seite 5
5. Vorgehen	Seite 5
6. Ausgangslage	Seite 6
7. Diskussion des Energieverbrauchs	Seite 7
8. Phänomenologie der Aussenwand	Seite 8
9. Diskussion der Energie - Bedarfsrechnung	Seite 10

1. Definitionen

Berechnungs-Ergebnisse der Klima-EVA

T-Luft	Lufttemperatur	
Lie-Fe	Meteostation der SMA Bern Liebefeld	
HT	Heiztage	
HGT	Heiz-Grad-Tage	
HG-Std.	Heiz-Grad-Stunden	Kh/Hp
Stra.	Solar-Strahlung	kWh/m ² Mt
So-h	Sonnen-Stunden	h
Reg.	Regenhöhe	mm
HRV	brutto Heiz-Raum-Volumen	m ³
LRV	Luft-Raum-Volumen	m ³
EBF	Energie-Bezugs-Fläche	m ²
Hp	Heizperiode	
spez Wä-V	spezifischer Wärme-Verbrauch	kWh/m ³ Hp
spez El-V	spezifischer Strom-Verbrauch	kWh/m ³ Hp
El-Nutz	nutzbarer Anteil des Strom-Verbrauchs	kWh/m ³ Hp
E-brut.	brutto Verbrauch: Wä-V + El-Nutz	kWh/Hp
spez E	spezifischer Energie-Verbrauch	
	E-brut. / HRV x HG-Std.	W/m ³ K
Lit./m ³ Hp	spezifischer Öl-Verbrauch, umgerechn. Wä-V / HRV	
HRV/EBF	Verhältnis von Heiz-Raum-Volumen zur Energie-Bezugs-Fläche	m ³ /m ²

Diagramme B 2 bis B 10

SIA Ziel	Ziel-Wert des Energie-Verbrauchs nach SIA 380/1
WSV 95	mittlerer A/V-E-Verbrauchswert von Deutschland
A/V	Verhältnis: Oberfläche zu Volumen
D 010	Rechenprogramm BEW/KWH
BEW	Bundesamt für Energiewirtschaft
KWH	Koordinationsstelle Wärmeforschung im Hochbau
HELIOS	Rechenprogramm BEW / EMPA
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs-Anstalt

Objekt-Diagramme

Qh eff. mittel	gemessener E-Verbrauch von 1990 bis 1994
Qh SIA 380/1	Zielwert von 220 MJ/m ² a, E-Bedarf nach SIA 380/1
Qh D 010	E-Bedarf Standardnutzung und effektive Nutzung
Qh Helios	E-Bedarf von 1990 bis 1994
Qh WSV 95	E-Bedarf nach Deutscher Wärmeschutz-Verordnung

2. Zusammenfassung

Die mittels klimabezogener Energie-Verbrauchs-Analysen untersuchten zehn Objekte der Bundesverwaltung ergeben folgende Resultate:

- Die Bauten mit den Baujahren 1/1875, 2/1900 und 3/1924 weisen mit Verbrauchsraten von 14, 19 und 22 kWh/m³Jahr sehr niedrige Werte auf. Die untersuchten Objekte BE1 und BE2 liegen zum Teil unter dem empfohlenen SIA-Zielwert von 220 MJ/m²Jahr bzw. 22 kWh/m³Jahr!
- Die Objekte mit Baujahr 5/1951, 6/1958, 8/1975 weisen einen spezifischen Raumwärme-Energieverbrauch von 30 bis 33 kWh/m³Jahr auf.
- Objekt 7, mit Baujahr 1971, benötigt mit 44 kWh/m³Jahr 37% weit mehr Energie, als die konstruktiv vergleichbaren Objekte 6/1958 und 8/1975.
- Das AFB-Turm-Gebäude in Metallverkleidung 9/1973 schneidet mit einem Verbrauch von 62 kWh/m³Jahr am schlechtesten ab.
- Objekt 10/1975 ist wie Objekt 9/1973 klimatisiert, mit Fenster und Brüstungen in Metall, doch sind nur 36 kWh/m³Jahr erforderlich.
- Objekt 11 wurde 1986 erstellt und kommt mit 19 kWh/m³Jahr, aufgrund konsequenter Wärmedämmtechnik, auf die Verbrauchswerte von Objekt 2/1900. Die Extrem-Dämmungen ging hier auf Kosten der Dauerhaftigkeit! Da das Objekt 11 räumlich „aufgeblasen“ ist, kann es nicht mit den Werten der andern Untersuchungsobjekte direkt verglichen werden.

Die Ursachen der oben aufgezeigten Differenzen liegen hauptsächlich im generellen Versagen der Baukunst. Da noch keine tauglichen mathematischen Berechnungsgrundlagen vorliegen, können die baulichen Schlussfolgerungen nur phänomenologisch erklärt werden. Welche Parameter in welcher Folge energiewirksam sind ist gegenwärtig auch nicht bekannt.

Die Objekte wurden mit folgenden Rechnungsprogrammen berechnet:
SIA 380/1 | D 010 BEW/KWH | HELIOS BEW/EMPA | WSV 95, H. Werner

Ausserdem wird festgestellt, dass mit keinem der oben verwendeten Computerprogramme der Energiebedarf von beheizten Gebäuden vergleichend und allgemein gültig berechnet werden kann. Ausser dem instationär orientierten HELIOS-Programm sind alle Berechnungs-Programme k-Wert bezogen. Mit dem vorliegenden Ergebnis ist deshalb schlüssig bewiesen, dass die k-Wert-Theorie zur Berechnung des Energiebedarfs von Hochbauten falsch ist. Es wird erkannt, dass auch die Grad-Tag-Theorie mit dem energetisch-dynamischen Verhalten von Gebäuden nicht übereinstimmt. Je nach Baujahr, reagiert eine Bausubstanz mit unterschiedlichem Energieverbrauch auf das vorhandene Klima.

3. Auftrag

Auf Initiative von Paul Bossert erteilte das Amt für Bundesbauten (AFB) im Juni 1995 dem Architektur- & Ingenieurbüro Paul Bossert den Auftrag, mit einer Studie über

„Klimabezogene Energie-Verbrauchs-Analyse von Bundesbauten“

die vom AFB erkannten unterschiedlichen Energieverbrauchswerte der nachfolgend aufgeführten Verwaltungsgebäude des Bundes zu untersuchen:

Objekt	Baujahr	Adresse	E-Wä, MJ/m ² J
1	1875	Bundsgasse 32 - 36	240
2	1900	Bundsgasse 8 - 14	270
3	1924	Monbijoustrasse 49 - 51	360
5	1951	Viktoriastrasse 85	390
6	1958	Einsteinstrasse 2	250
7	1971	Wylstrasse 52	500
8	1975	Taubenhalde 16	450
9	1973	Effingerstrasse 20	630
10	1975/80	Eigerstrasse 61 - 65	350
11	1986	Kirchlindachstr. Zollikofen	200

Folgendes war zu erfassen, ermitteln, berechnen und zu vergleichen:

- Erfassung der Objekte, entsprechend der für die Berechnung nach SIA 380/1 und HELIOS notwendigen Elemente.
- Erfassung aller Gebäude- und Klimaparameter, die für die Energie-Verbrauchs-Analyse (EVA) notwendig sind.
- Ermittlung der Anlagen-Wirkungsgrade.

- Berechnung des Heizenergiebedarfs (Q_h) pro Objekt gemäss SIA 380/1.
- Berechnung des Heizenergiebedarfs gemäss HELIOS.
- Berechnung des Heizenergiebedarfs pro Objekt aufgrund der effektiven Verbrauchswerte.
- Berechnung des Heizenergiebedarfs gemäss EVA.

- Vergleich und Diskussion der erhaltenen Resultate pro Objekt.
- Vergleich und Diskussion der Resultate über die ganze Objektgruppe.

4. Ziele

Das Ziel der Untersuchung ist, mit nachvollziehbaren Berechnungen darzustellen, wie die unterschiedlich gemessenen Energieverbrauchswerte der Objekte 1 bis 11 zustandekommen. Mit Vergleichen der Bausubstanz und des spezifischen Energieverbrauchs sollen Massnahmenvorschläge für Gebäude-Rehabilitationen (Sanierungen) und künftige Neubauten aufgezeigt werden.

5. Vorgehen

Zuerst wurden alle Objekte besichtigt und fotografisch erfasst. Mehrere Male wurden in den Gebäuden die Raumtemperaturen gemessen und das Personal nach Wohlbefinden und Behaglichkeit befragt. Es erfolgte die Planbeschaffung, sowie die Beschaffung der Energieverbrauchszahlen für Raumwärme und elektrischen Strom.

Für jedes Objekt wurden die geometrischen Daten berechnet, um allfällige Nachprüfungen vollziehen zu können. Aufgrund der permanent angestiegenen Strom-Verbrauchswerte, infolge Computerbeschaffung und des generell hohen Verbrauchs an elektrischem Strom, war es erforderlich, anhand der monatlichen Energierechnungen die wahrscheinlichen Stromflüsse differenziert zu bestimmen.

Aufgrund der Klimadaten der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) wurden für den Zeitraum von 6 Jahren - 1988 bis 1994 - die Klimadaten bearbeitet. Die nur aufaddierten Heizgrad-Tage nach SIA wurden gemäss der effektiv angefallenen Heizzeit bereinigt. Ebenso sind die Temperaturdifferenzen nach den Verhältnissen für städtisches Umfeld korrigiert. Die Erfassung der Klimata erstreckte sich auch auf Sonnenstrahlung, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit und Regen.

Anhand der Gebäudegeometrie, der Klimadaten und des gemessenen Energieverbrauchs wurde die Energie-Verbrauchs-Analyse erstellt, deren Ergebnisse auf der Beilage 1 zusammengefasst sind.

Danach erfolgten die Berechnungen nach: | SIA 380/1 | D 010 - BEW/SIA für Standard- und effektive Nutzung | HELIOS - EMPA/BEW für 4 Jahre, 1990 bis 1994 | WSV 95, Prof. H. Werner, FH-München, BRD |.

6. Ausgangslage

Während der grössten Energiekrise dieses Jahrhunderts, die in den Zwanzigerjahren in Europa herrschte, wurde der Energieverbrauch von zentral beheizten Gebäuden durch eine Energiekennziffer definiert. Sie sagte aus, dass bei 20° Celsius Raumtemperatur gut gebaute Häuser 2kg Koks pro 1000 m³ Gebäude und Grad Temperaturdifferenz benötigen. Auf heutige Verhältnisse umgerechnet entspricht dies, unter Berücksichtigung des Brutto-Heizvolumens und der höheren Heizungswirkungsgrade, einer spezifischen Gebäudekennziffer von 0,25 W/m³K.

Bei einer durchschnittlichen Heizperiode mit ca. 80'000 Gradstunden Temperaturdifferenz ergibt dies einen jährlichen Energieverbrauch von 20kWh/m³Jahr bzw. 2 Liter Heizöl pro m³ und Jahr. Diese älteren Gebäude benötigen diese Energiemenge in der Regel auch heute noch.

Die in der Schweiz verwendete E-Zahl nach SIA-Empfehlung Nr. 180/4 wird jedoch nur durch eine Energiemenge pro m² Brutto-Heizfläche (Energiebezugsfläche EBF) und Jahr definiert. Diese E-Zahl mit der Sortenbezeichnung MJ/m²Jahr besitzt gegenüber der früheren Energiekennziffer einen geringeren Aussagewert. Obwohl Geschosshöhen grösser als 3 Meter eine fiktive Korrektur der Energiebezugsfläche erhalten, ist der energetische Flächenbezug zu ungenau und wird von Nichtfachleuten schlecht begriffen. Dazu kommt noch die Mengen-Bezeichnung Megajoule (MJ), die sogar für Fachleute schwer verständlich ist.

Ausserdem wird geglaubt, dass die mit einer normativ korrigierten Gradtagzahl in Verbindung gebrachte Energiekennzahl schlüssige Energievergleichszahlen von beheizten Gebäuden liefern würde. Dass das nicht stimmt, ist seit Jahren bekannt durch den Vergleich der Energiekennzahlen der Kantone Zürich und Graubünden. Obwohl die durchschnittliche Temperaturdifferenz im Kanton Graubünden um 20 bis 25% höher ist als im Kanton Zürich, verbrauchen die Gebäude im Bergkanton rund 1/3 weniger Energie als die diejenigen der Zürcher! Die Ursache dürfte hier im Strahlungsangebot der Sonne liegen. Die Sonneneinstrahlung auf opake Gebäudeteile ist in den SIA-Normen als Wärmeeintrag noch nicht berücksichtigt.

Die Energiekennzahl ist also nur ein grober Hinweis für langjährig gemittelte Energieverbrauchswerte. Sie darf mit modifizierten Gradtagzahlen nicht in Verbindung gebracht werden. Hier wird auf Presseaussagen verwiesen, wo jährlich je nach Gradtagzahl versucht wird, den Mehr- oder Minderverbrauch der Heizenergie zu erklären.

7. Diskussion des Energieverbrauchs

Die in den allgemeinen Feststellungen des Auftrages vermuteten Differenzen zwischen Messung und Berechnung bis 500% - wie sie beispielsweise bei normalen Wohnbauten vorkommen können - waren bei den untersuchten Verwaltungsgebäuden nicht zu beobachten.

Die gemäss klimabezogener Energie-Verbrauchs-Analyse in Beilage 1 dargestellten und über sechs Jahre gemittelten Energieverbrauchswerte der Gebäude sind in Beilage 2 als spezifische Gebäudekennziffer in W/m^3K dargestellt. Darin sind alle von Menschen zugeführte Energien wie Heizöl, Strom und Abwärme enthalten, die zur Aufrechterhaltung der Raumtemperatur von 22° Celsius im Gebäude erforderlich sind. Auf den folgenden Beilagen 3 bis 5 sind die spezifischen Energieverbrauchswerte in den Einheiten MJ/m²Jahr, kWh/m³Jahr und Oelliter/m³Jahr dargestellt.

Obwohl in Planungskreisen seit Jahrzehnten thermische Verbesserungen angestrebt werden, ist erkennbar, dass der gebäudespezifische Energieverbrauch seit 1875 drastisch ansteigt. Nicht erst seit der Energiekrise im Jahre 1973, nein, schon seit dem Jahr 1915 ist ein erhöhtes Bewusstsein für Energieeinsparungsmethoden im Bauwesen feststellbar. Seit diesem Zeitpunkt versucht eine Mehrheit von Ingenieuren und Architekten, eine Verminderung des Energieverbrauchs lediglich durch das Favorisieren von Wärmedämmungen nach der k-Wert-Theorie zu erreichen.

Seit 1915 haben aber genügend Baufachleute vor der k-Wert-Polarisierung gewarnt (Ing. A. P. Weber in CH-Bauzeitung 117, 27.10.1945). Sektiererisch wurde an die scheinbare Energie-Wirksamkeit von k-Wert orientierten Bauteilen und Bausystemen geglaubt, doch deren Güte am Bau nie experimentell nachgewiesen. Diesbezügliche Untersuchungen in k-Wert-Kammern erfolgten immer nur wärmeleitungsorientiert. Noch nie wurden Naturstein- und Bruchsteinwände oder Vollziegelwände hinsichtlich ihrer Energiewirksamkeit messtechnisch überprüft.

Bis 1920/30 wurden in der Regel 51 cm dicke Aussenwände mit ungelochtem Ziegelsteinen vermauert. Wer über mehr Geld verfügte, baute mit Naturstein in Wandstärken von 50 bis 80 cm Dicke oder erstellte Wände in Bruchsteinmauerwerk mit Dimensionen von 50 bis 60 cm, auf denen wie beim Ziegelmauerwerk konventionelle Verputze aufgebracht wurden.

Nach 1930 schrumpften die Wandstärken allmählich auf 39, 32, 30, 25 und 24 cm. Zwischenzeitlich galt ein Wärmedämmwert von $k = 1.0 \text{ kcal/hm}^2\text{grd}$ als ausreichend, um eine angeblich fiktive Sicherheit hinsichtlich Kondenswasserfreiheit zu gewährleisten.

Erstaunlich ist dabei, dass niemand feststellte, dass bei Aussenwänden mit $k=2.0 \text{ kcal/hm}^2\text{grd}$, wie beispielsweise der Objekte 1/1875 und 2/1900 mit Sandsteinwänden, in beheiztem Zustand nie Kondensat aufgetreten ist. Dies ist unter anderem ein eindeutiger Widerspruch zur herrschenden Lehrmeinung.

Das jeweils sprunghafte Ansteigen des spez. Energieverbrauchs ab 1925 von $0,25 \text{ W/m}^3\text{K}$ auf $0,35$ bis $0,5$ und $0,8 \text{ W/m}^3\text{K}$, sowie im Falle von Grosstafelbauten (Göhner!) $1,8 \text{ W/m}^3\text{K}$, ist nur als negatives Resultat von Massnahmen zu deuten, deren beabsichtigte Wirksamkeit wegen des Glaubens an k-Wert-Verbesserungen nie erreicht wurde!

8. Phänomenologie der Aussenwand

Wird nun bedacht, dass in einer Aussenwand die nachfolgend aufgeführten sieben Parameter zwar energierelevant sind - obwohl sie in ihrer Wechselwirkungen untereinander bis heute nicht erforscht sind - so können dennoch phänomenologische Rückschlüsse zwischen der Bausubstanz und dem Energieverbrauch der zehn untersuchten Objekte erkannt werden.

1. Wärmedämmfähigkeit - k-Wert
2. Wärmespeicherfähigkeit
3. Wanddicke
4. Wärmebrücken
5. Oberflächenstruktur / Winddichtigkeit
6. Feuchtigkeit / Entwässerung / Sorptions- und Diffusionsfähigkeit
7. Strahlungsaufnahmefähigkeit / Farbe

Dass ein **k-Wert** von $0,4$ bis $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ wünschenswert ist, wird hier und in der Fachwelt nicht bestritten. Ein normales Mauerwerk aus Isoliersteinen mit einem Raumgewicht von $1'400 \text{ kg/m}^3$, 49 cm Dicke und einem k-Wert von $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ sollte gesetzlich dennoch zulässig sein.

Das oben erwähnte Raumgewicht von $1'400 \text{ kg/m}^3$ garantiert eine optimale Behaglichkeit im Sommer wie im Winter. Ebenso nimmt die hervorragende **Wärmespeicherfähigkeit** dieses Werkstoffes Sonnenenergie auch auf niedrigem Niveau auf und mindert den Heizenergieaufwand.

Die **Wanddicke**, welche die Weg-Zeit der Wärme in der Wand potentiell, d.h., im Quadrat verzögert, wurde bis heute in der Bauphysik noch nicht berücksichtigt, obwohl dies von G. Hofbauer im „Gesundheits-Ingenieur“, im Heft 13, vom 29. März 1941, ausführlich beschrieben wurde. Es handelt sich hierbei um den Begriff der Zeitkonstante, deren Wert als Materialkonstante mathematisch eindeutig definiert ist.

Wärmebrückenprobleme entstehen erst dann, wenn die Wände immer dünner werden, obwohl sie angeblich ausreichend gedämmt sind und niedrige k-Werte aufweisen. Wie negativ sich Wärmebrücken von Befestigungen bei hinterlüfteten Wandkonstruktionen verhalten können, ist im EMPA-Bericht F+E Nr. 127378 ausführlich beschrieben. Zieht man in Betracht, dass derartige Konstruktionen mit Trag-, Dämm-, Luft- und Wetterschicht heutzutage Dimensionen von 40 bis 50 cm „Wandstärke“ aufweisen, ist nicht mehr einzusehen, warum nicht wieder Wände wie früher gebaut werden sollten, die länger halten, preislich gleichwertig, energetisch besser und aus der Sicht der Wärmebrückenproblematik unbedenklicher sind.

Unverständlicherweise sind derartige Konstruktionen heute vom Gesetzgeber **verboten**, weil sie den theoretisch geforderten k-Wert, gemäss den jeweiligen kantonalen Energiegesetzen, nicht aufweisen.

Die **Oberflächenstruktur** wandelt laminare Luftströmung in turbulente, was die Auskühlung einer Fassade infolge Windeinfluss mindert. Tief strukturierte Fensternischen ergeben energetisch wirksame Luftstaukörper vor Abkühlflächen aus Glas. Gesimse funktionieren als Fassadenentwässerungen und vermindern ein Auskühlen der Wand durch abfliessendes Regenwasser über mehrere Geschosse. Fassadenstrukturierende An- und Vorbauten funktionieren als Windbrecher im aerodynamischen Bereich und reduzieren damit den Energieverbrauch eines Gebäudes.

Das **Feuchtigkeitsverhalten** einer Aussenwand steht und fällt mit dem Sorptionsverhalten ihrer Schichten. Ein funktionierender Kalkputz auf der Aussenseite wirkt auch als „Sorptionsmotor“ zu Entfeuchtung der Wohnräume. Wie aus den Untersuchungen der EMPA unter Prof. P. Haller aus den Jahren 1953-1958 ersichtlich ist, ist im Herbst und Frühjahr ein ausser leicht feuchtes Mauerwerk aus energetischen Gründen von Vorteil. Strahlungsenergie wird dadurch auf niedrigstem Niveau nutzbar gemacht und vermindert dadurch den Energieverbrauch von beheizten Gebäuden.

Je nach **Farbintensität** wird von anorganischen Wetterschichten mehr oder weniger Strahlungsenergie aufgenommen und in Wärme umgeformt. Diese Wärme wird kurzfristig gespeichert und genutzt. Sie fliesst meistens in der darauf folgenden Nacht wieder gegen aussen ab.

Aus dem bis heute nicht veröffentlichten Untersuchungsbericht EB-8/1985 des Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen ist ersichtlich, dass k-Werte von real gemessenen Wänden mit Flächengewichten von 400 kg/m² und mitteldunkler Einfärbung Energieeinsparungen von bis zu 30% aufweisen. Dass aus der Sicht der Architekten Fassaden aus ästhetischen Gründen meistens mit Vorteil weiss sein müssen, ist aus energetischer Sicht nicht nachvollziehbar

Nebst den oben erwähnten sieben (7!) energiebezogenen Wandparametern gibt es noch weitere 14, wie beispielsweise Statik, Ästhetik und den Preis, deren Erläuterung hier jedoch zu weit führen würde. Es kann aber jederzeit glaubhaft bewiesen werden, dass von insgesamt 21 Planungspunkten einer Aussenwand deren 14 durch die alleinige Favorisierung des k-Wertes negativ beeinflusst werden!

9. Diskussion der Energiebedarfsberechnungen

Der Heizenergiebedarf Q_h beinhaltet den theoretisch berechneten Wärmebedarf eines Gebäudes für die Transmissions-Wärmeverluste und für die Lüftungs-Wärmeverluste, abzüglich der nutzbaren freien Wärme. Die freie Wärme setzt aus dem Sonnenstrahlungsgewinn durch die Fenster und auf die Wände sowie Abwärmegewinne von Personen und elektrischem Strom zusammen. Der Wirkungsgradverlust der Heizungsanlage ist ebenfalls berücksichtigt.

Wie bereits oben erwähnt, wird seit 1915 vergeblich versucht, den Energiebedarf eines Gebäudes nur auf mathematischem Wege zu bestimmen, obwohl zwar allgemein bekannt ist, dass keine wissenschaftlich experimentell gesicherten Grundlagenwerte für diese Bedarfsberechnung vorhanden sind.

In der Folge werden die vier auf Seite 1 erwähnten Berechnungsmodelle hinsichtlich ihrer Tauglichkeit im Vergleich zum effektiven Verbrauch untersucht. Der gemessene Verbrauch wird beim jeweiligen Objekt mit 100% angegeben. Nebst den Vergleichsprozentsen ist auch noch der gewünschte SIA-Sollwert eingetragen.

Hier die Ergebnisse gemäss Diagramm auf Beilage 6:

- Bern 1 mit Baujahr 1875 liegt mit dem Energieverbrauch 50% unter dem SIA-Zielwert. Die Berechnungen nach SIA-Norm 380/1 und das SIA-orientierte Programm D 010 weisen rund 100% Fehler gegenüber dem effektiven Verbrauch auf. Das Programm HELIOS liegt 60% und dasjenige der WSV 95 100% neben der Realität
- Bern 2/1900 und 3/1924 nähern sich in der Folge dem SIA-Zielwert, wobei sich die Resultate der Berechnungen (vor allem HELIOS) den Verbrauchswerten nähern. Bei den restlichen Objekten wird der SIA-Zielwert überall vom Verbrauchswert überschritten.
- Bei Bern 5/1951 und 6/1958 sowie 8/1975 ordnen sich die Ergebnisse der Energiebedarfsrechnungen in einem Schwankungsbereich von 80 bis 130% gegenüber dem effektiven Verbrauch ein.
- Die rein k-Wert-orientierten Fassaden der Objekte Bern 7/1971, Bern 9/1973 und Bern 10/1980 kippen im Gegensatz zu den Ergebnissen von BE1 und BE2 auf Energiebedarfswerte zwischen 50 und 80% des realen Verbrauches.
- Das sehr gut gedämmte und k-Wert-bezogene Objekt 11 ist zwar nur 18% über dem angestrebten SIA-Zielwert, doch die Programme D 010, HELIOS und WSV 95 berechnen einen über 20% höheren Bedarf, als effektiv verbraucht wird. Der „Ausrutscher“ nach SIA 380/1 erfolgte, weil die effektive und nicht die fiktiv hochgerechnete Energiebezugsfläche verwendet wurde.

Auf den Diagrammen der Beilagen 7 und 8 sind die berechneten Qh-Vergleichswerte in den Einheiten MJ/m²Jahr und kWh/m³Jahr dargestellt. Die Werte sind an den Zielwerten nach SIA und WSV 95 zu orientiert. Auffallend ist hier feststellbar:

Je schlechter die Transmissions-Wärmeverlust, desto geringer der Energieverbrauch; und je besser die k-Werte der Gebäudehülle werden, desto höher steigt der Energiebedarf.

Vordergründig ist Objekt Bern 11/1986 von dieser Verallgemeinerung auszunehmen, da oben begründet wurde, warum dieses Objekt mit den andern nicht direkt vergleichbar ist.

Von besonderer Aussagekraft ist das Diagramm auf Beilage 9, da wo die klimatischen Energieverbrauchs-Schwankungen innerhalb der Zeit von 6 Jahren dargestellt sind.

- Im Normalfall beträgt diese Schwankung ca. plus/minus 10%.
- Für das Objekt Bern 6/1958 ist die geringe Schwankung erwartungsgemäss auf die Beschattungssituation und Nordlage zurückzuführen.
- Die Schwankungen von bis plus/minus 25% bei den Objekten BE 7/1971 und BE 9/1973 weisen auf eine mangelnde Trägheit bzw. Wärmespeicherfähigkeit der Gebäudehülle hin.

Dieselben Schwankungen sind mit Qh-Werten in MJ/m²Jahr auf dem Diagramm der Beilage 10 erkennbar. Hier ist anzumerken, dass der Untersuchungszeitraum von 1989 bis 1994 nicht als generelle, allgemein gültige Klimabasis betrachtet werden darf, weil die Abweichungen zu den langjährigen Klimawerten zu gross sind.

Bei den Detailangaben der Objekte sind jeweils zwei Diagramme mit %- und MJ/m²J-Werten, welche die Qh-Vergleiche der jeweiligen Berechnungsprogramme mit dem effektiven Verbrauch darstellen. Als drittes Diagramm werden die Heizgradtage (HGT) dem Energieverbrauch in einem relativen Verhältnis gegenübergestellt.

Für Bern 1/1875 lautet diese Interpretation:

In den Heizperioden der Jahre 1988 bis 1990 stimmen die Gradtage mit den offiziellen SIA-Gradtagen der Stadt Bern überein, und der Energie-

verbrauch ist etwa gleich gross. Im Winter 1992/93 war es wesentlich kälter, doch der Energieverbrauch ist etwas niedriger als 1988 bis 1990.

Mit den jeweiligen Diagrammen der zehn Objekte kann also schlüssig bewiesen werden, dass der Energieverbrauch eines Gebäudes nicht mit den herrschenden Heizgradtagen korreliert.

Eine normierte Gradtagkorrektur zur Festlegung eines einheitlichen spezifischen Energieverbrauchswertes einzelner Gebäude ist demzufolge falsch.

In der folgenden Tabelle sind die vom AFB ermittelten Energiekennzahlen den vom Verfasser berechneten gegenübergestellt.

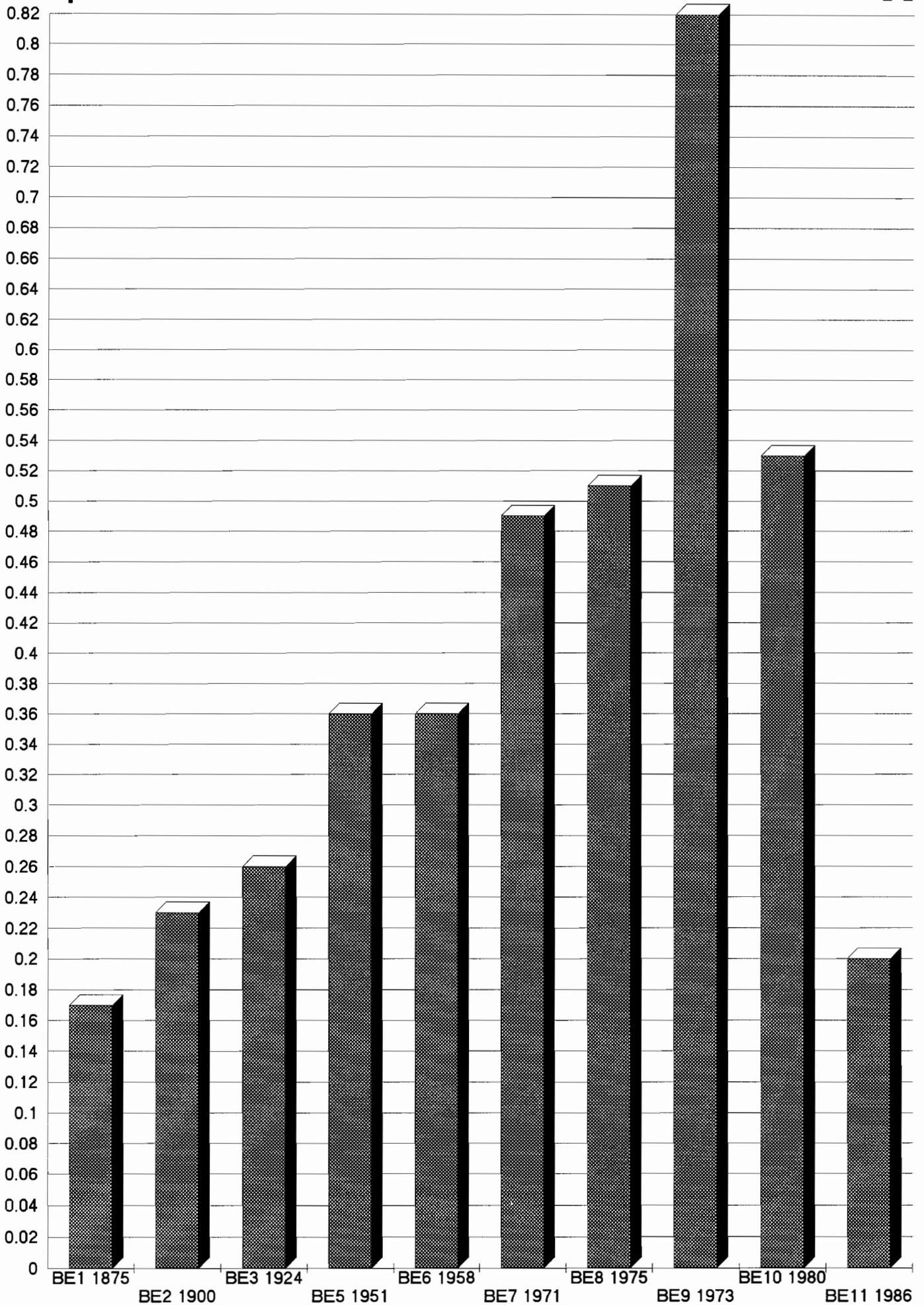
Objekt	Baujahr	E-Wä, AFB in MJ/m ² J	E-Wä, EVA in MJ/m ² J
1	1875	240	160
2	1900	270	213
3	1924	360	231
5	1951	390	312
6	1958	250	296
7	1971	500	408
8	1975	450	317
9	1973	630	686
10	1975/80	350	345
11	1986	200	270

Die baufachlichen Beurteilungen und Empfehlungen sind bei den Detailbeschreibungen der Objekte vermerkt. Da befinden sich auch die zwei Berechnungsblätter gemäss SIA-380/1 mit den übrigen Ergebnissen.

Ausserdem ist hier der hinten verwendete Begriff „Rehabilitation“ erläutert in Anlehnung an die Interpretation in SIA D 0129 von Herrn Prof. Peter Marti, ETHZ, für die Wiederherstellung des ursprünglich (eigentlich?) beabsichtigten Zustandes eines Gebäudes im Gegensatz zu „Sanierung“, die in den untersuchten Objekten auch durch den Massnahmekatalog nicht erreicht werden kann, da die Objekte 5 bis 11 energietechnisch weitgehend falsch geplant und gebaut worden sind, sich aber ein Abbruch und Wiederaufbau nach den Regeln der Baukunst wegen des Defizites im Bundeshaushalt leider verbietet.

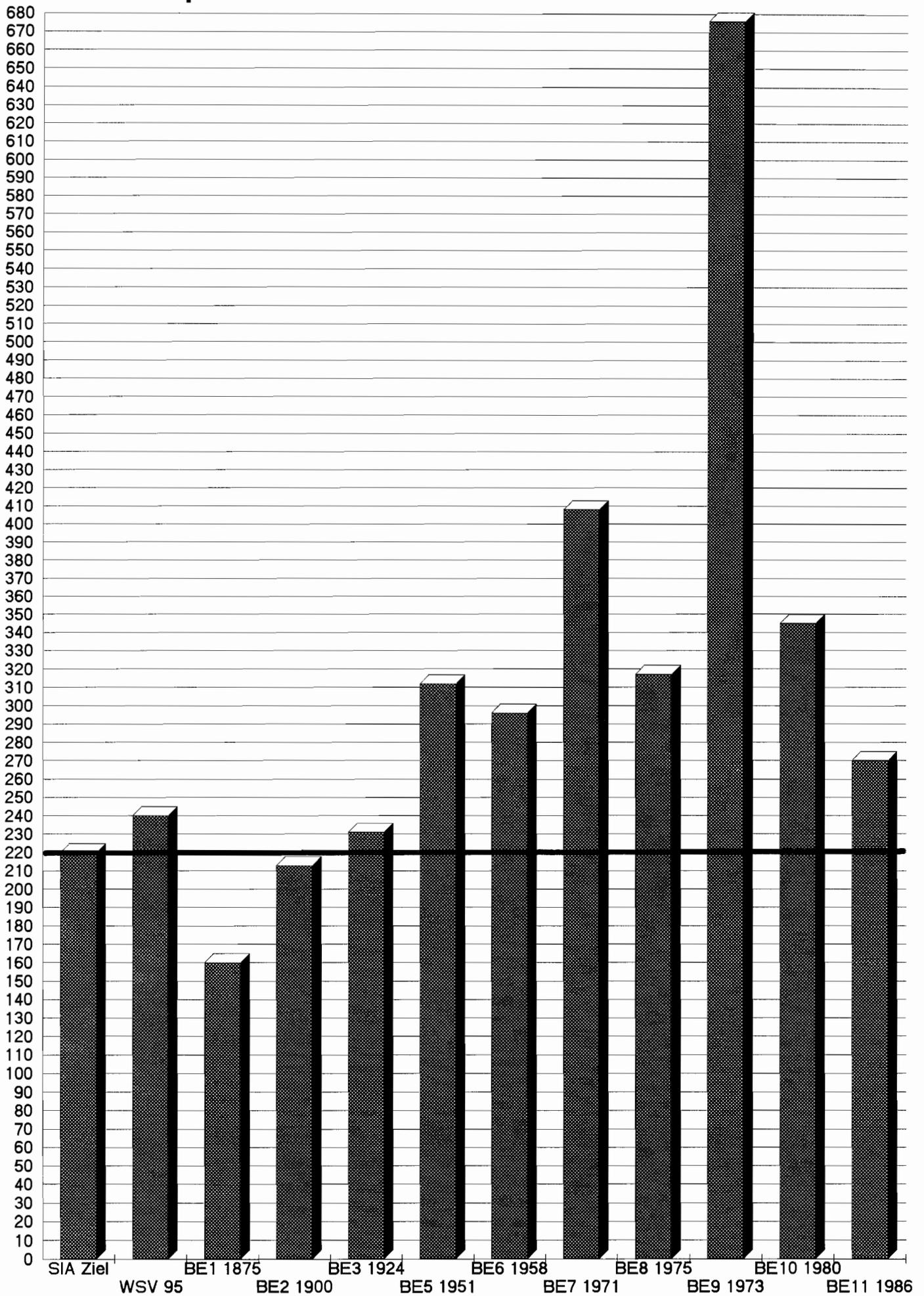
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
0	Amt für Bundesbauten (AFB)				Klimabezogene Energie-Verbrauchs-Analysen (KLIMA-EVA)					
1										
2	BERECHNUNGS-ERGEBNISSE DER KLIMA-EVA									
3										
4	Zusammenstellung der Objekte 1 - 11									
5										
6										
7	Objekt 1	Bundesgasse 32			Baujahr	1875		EVA 1.SP.D		
8		HRV/EBF		HRV in m3	20852	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
9	Lit./m3J	m3/m2		LRV in m3	14012	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
10	1.36	3.44		EBF in m2	6064	13.64	8.57	2.28	15.23	0.17
11										
12										
13	Objekt 2	Bundesgasse 8 - 14			Baujahr	1900		EVA 2.SP.D		
14		HRV/EBF		HRV in m3	23274	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
15	Lit./m3J	m3/m2		LRV in m3	14304	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
16	1.87	3.32		EBF in m2	7007	18.74	11.15	2.90	20.70	0.23
17										
18										
19	Objekt 3	Monbijoustr. 47 - 51			Baujahr	1924		EVA 3.SP.D		
20		HRV/EBF		HRV in m3	18141	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
21	Lit./m3J	m3/m2		LRV in m3	13657	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
22	2.24	3.17		EBF in m2	5726	22.40	12.16	3.78	25.05	0.26
23										
24										
25	Objekt 5	Viktoriastrasse 85			Baujahr	1951		EVA 5.SP.D		
26		HRV/EBF		HRV in m3	16166	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
27	Lit./m3J	m3/m2		LRV in m3	13500	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
28	3.23	2.98		EBF in m2	5433	32.34	10.85	3.05	32.16	0.36
29										
30										
31	Objekt 6	Wildstrasse 3			Baujahr	1914		EVA 6ALT.SP.D		
32		HRV/EBF		HRV in m3	21600	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
33	Lit./m3J	m3/m2		LRV in m3	16840	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
34	1.44	3.69		EBF in m2	5852	14.42	21.70	1.59	14.57	0.17
35										
36										
37	Objekt 6	Einsteinstrasse 2			Baujahr	1958		EVA 6NEU.SP.D		
38		HRV/EBF	nur	HRV in m3	18859	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
39	Lit./m3J	m3/m2	OG	LRV in m3	15020	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
40	3.04	3.01		EBF in m2	6275	30.36	24.85	2.74	30.06	0.36
41										
42										
43	Objekt 7	Wylerstrasse 52			Baujahr	1971		EVA 7.SP.D		
44		HRV/EBF		HRV in m3	12617	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
45	Lit./m3J	m3/m2		LRV in m3	9900	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
46	4.42	2.85		EBF in m2	4420	44.15	15.98	4.81	44.54	0.49
47										
48										
49	Objekt 8	Taubenhalde 16			Baujahr	1975		EVA 8.SP.D		
50		HRV/EBF	nur	HRV in m3	76674	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
51	Lit./m3J	m3/m2	1.UG	LRV in m3	65360	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
52	3.29	2.98	+OG	EBF in m2	25765	32.86	36.88	11	42	0.51
53										
54										
55	Objekt 9	Effingerstr. 20			Baujahr	1973		EVA 9.SP.D		
56		HRV/EBF	nur	HRV in m3	35577	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
57	Lit./m3J	m3/m2	1.UG	LRV in m3	28200	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
58	6.20	3.23	13.OG	EBF in m2	11010	62.03	26.09	8.83	67.76	0.82
59										
60										
61	Objekt 10	Eigerstrasse 61 - 65			Baujahr	1980		EVA 10A.SP.D		
62		HRV/EBF	nur	HRV in m3	31118	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
63	Lit./m3J	m3/m2	1.UG	LRV in m3	22790	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
64	3.64	2.93	4.OG	EBF in m2	10623	36.39	31.34	10.97	43.72	0.53
65										
66										
67	Objekt 11	Kirchlindachstr. Zollikofen			Baujahr	1986		EVA 11.SP.D		
68		HRV/EBF		HRV in m3	24472	spez Wä-V	spez EI-V	EI-Nutz	E-brut.	spez E
69	Lit./m3J	m3/m2		LRV in m3	20200	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	kWh/m3Hp	W/m3K
70	1.90	4.38		EBF in m2	5585	19.05	4.88	2	20	0.20
71										
72	*									

spez. Gebäudekennziffer n. EVA in W/m³K B 2



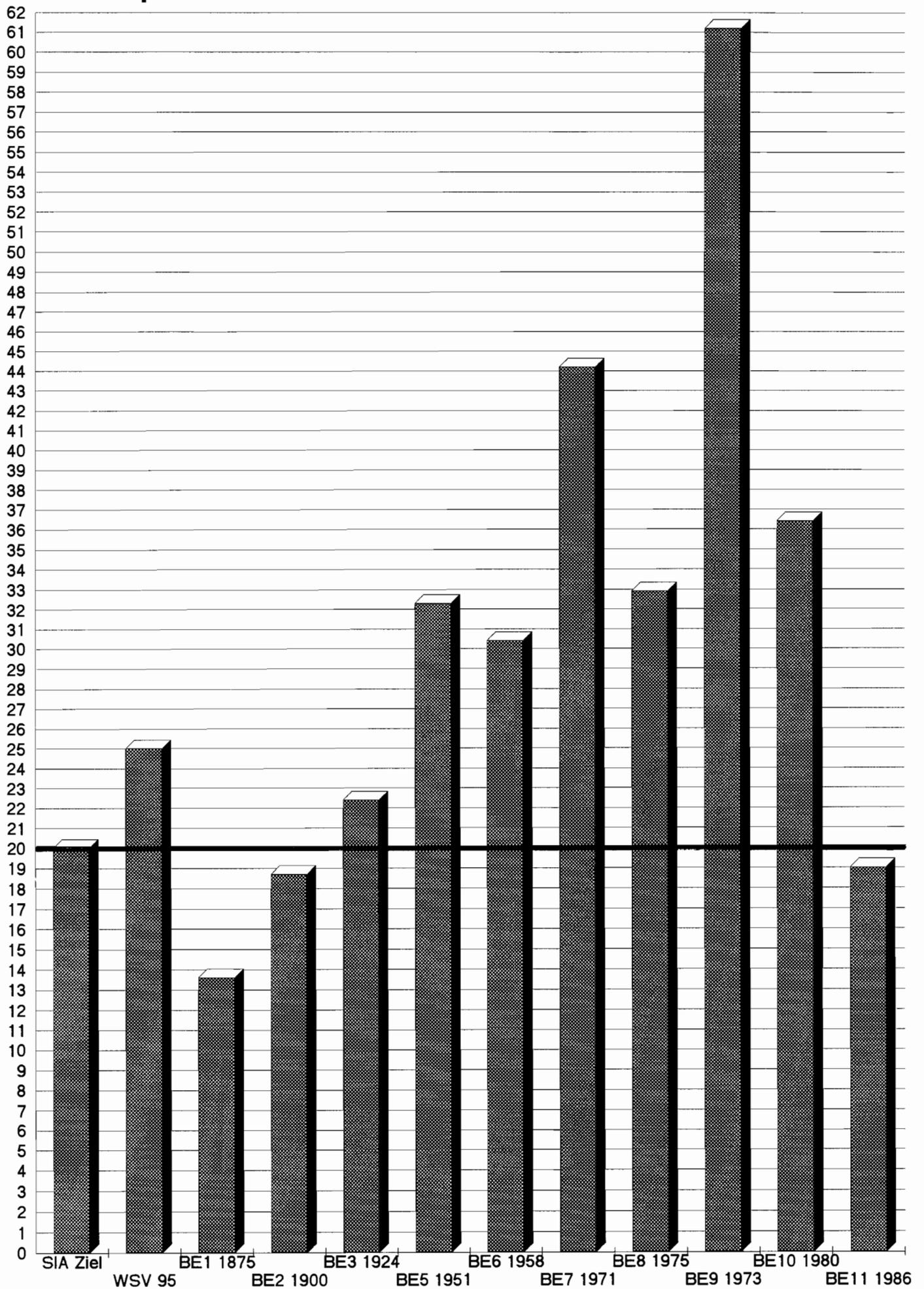
spez. E-Verbrauch in MJ/m²Jahr

B 3



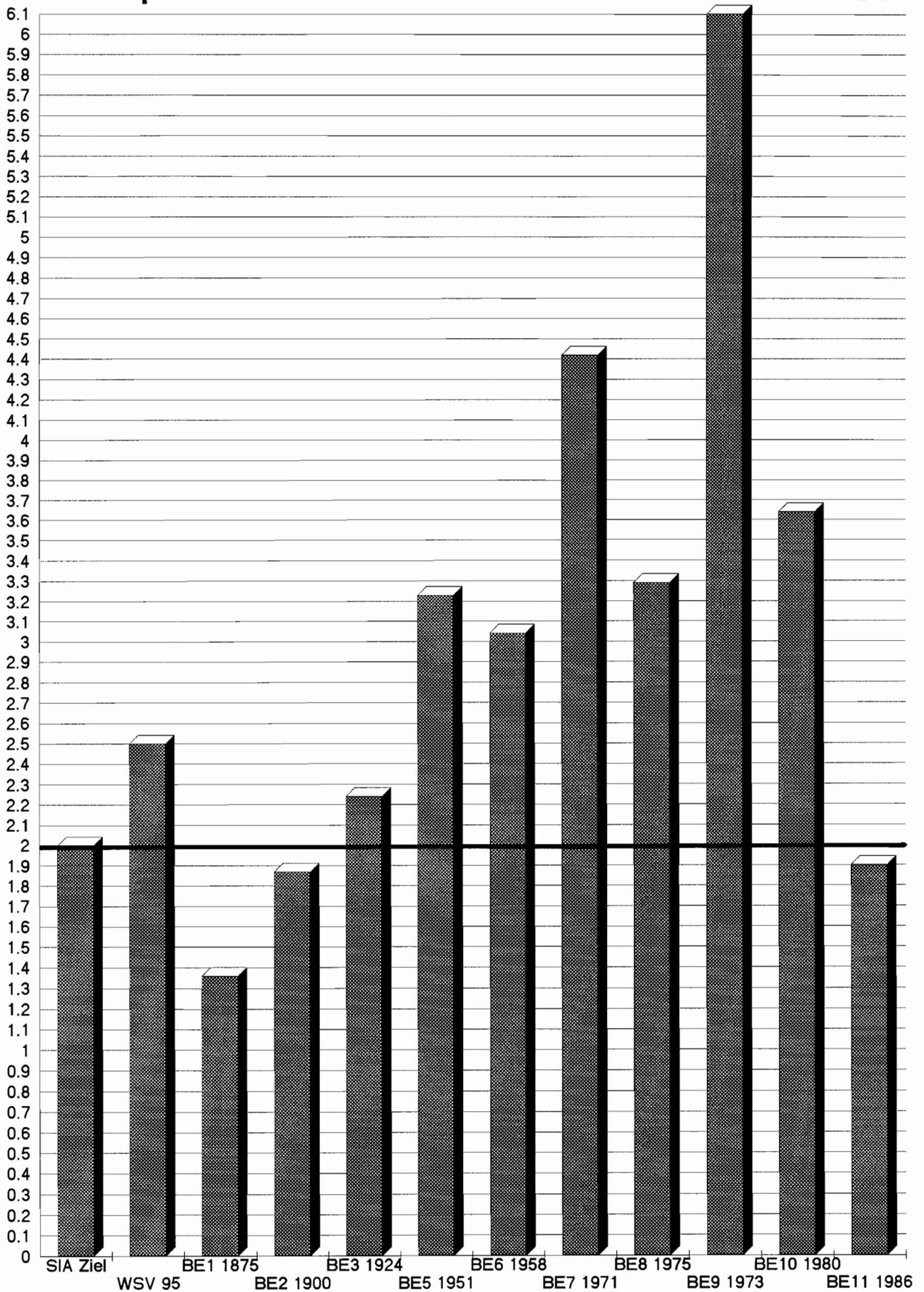
spez. E-Verbrauch in kWh/m³Jahr

B 4

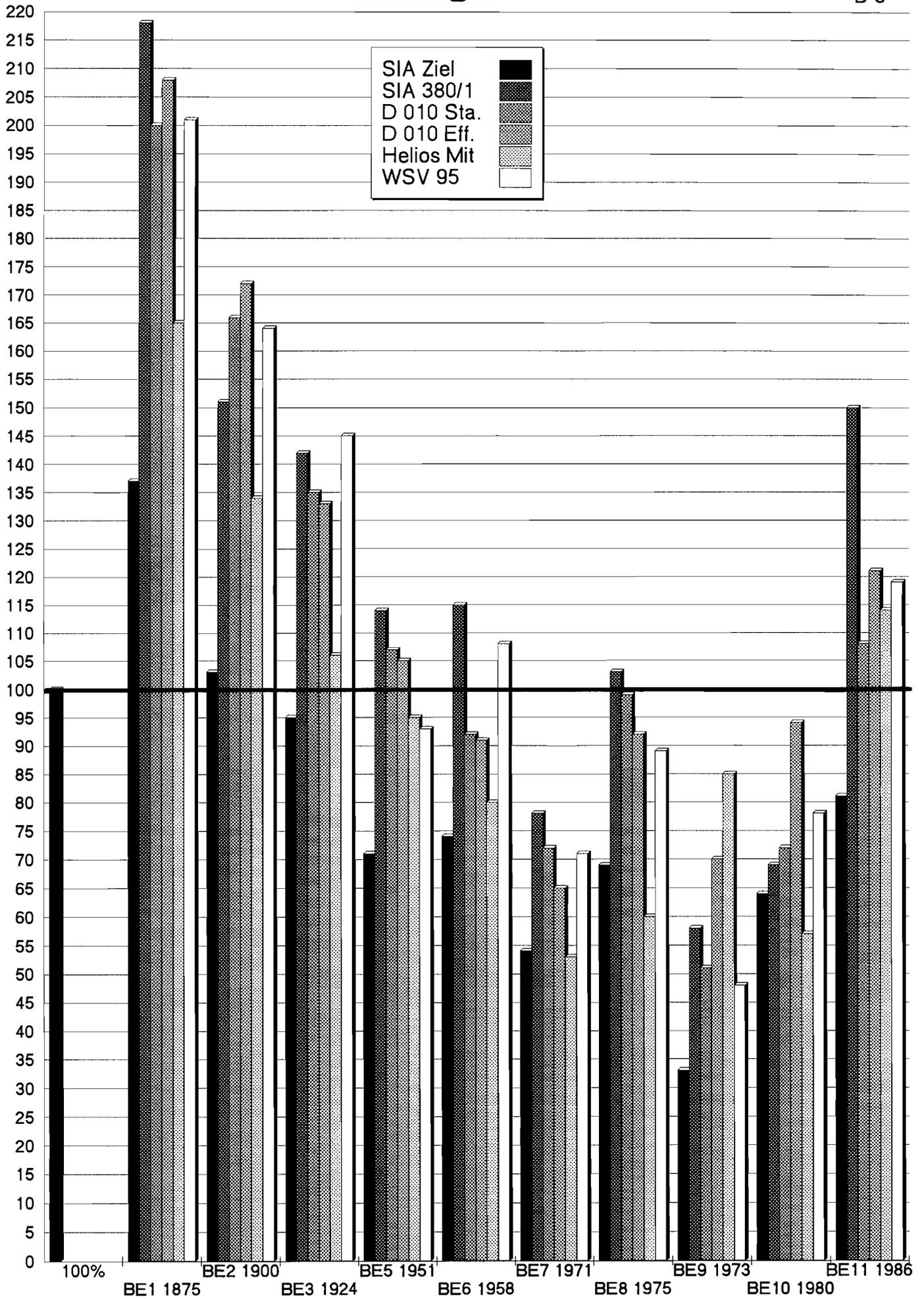


spez. E-Verbrauch in Liter/m³Jahr

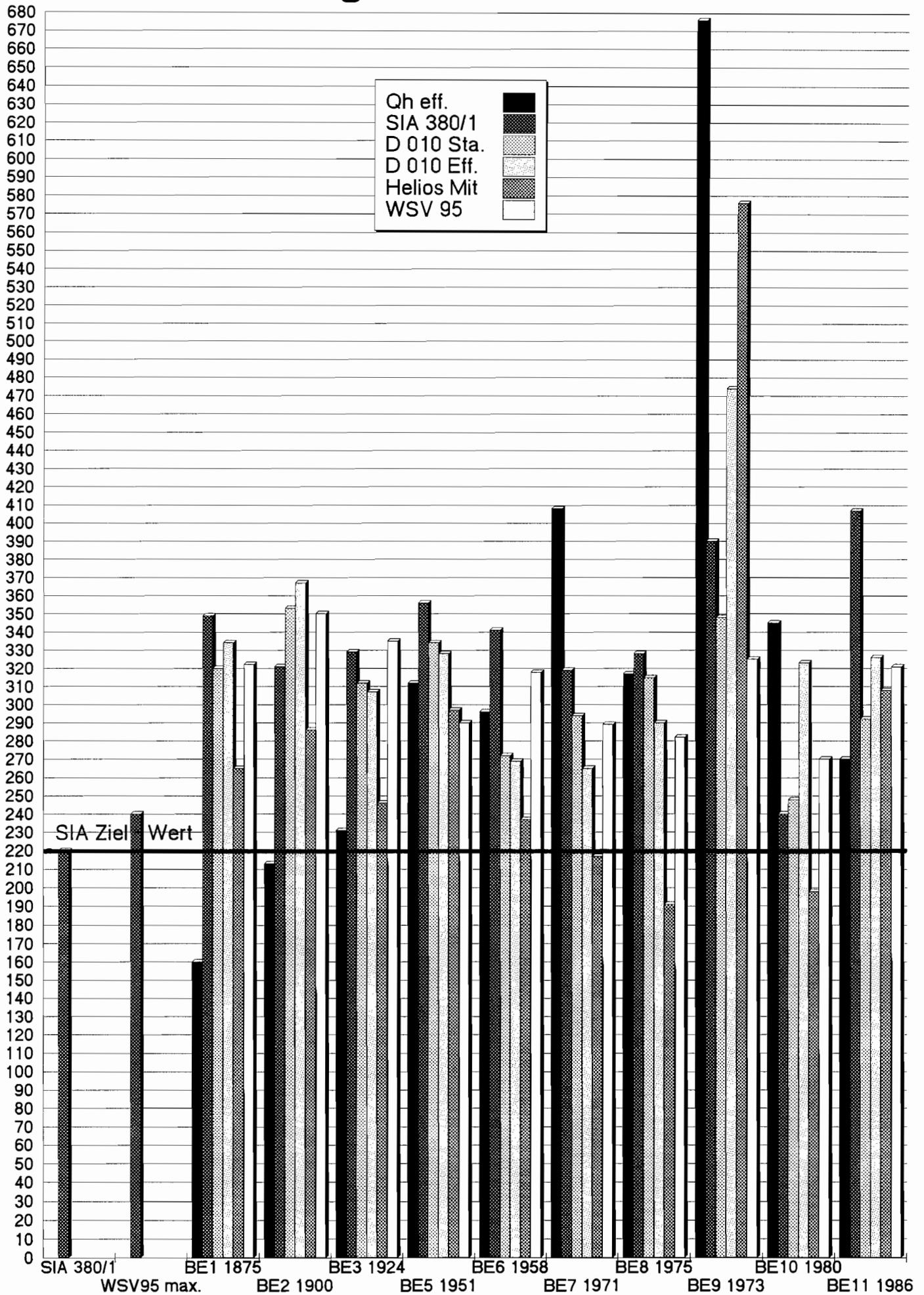
B 5



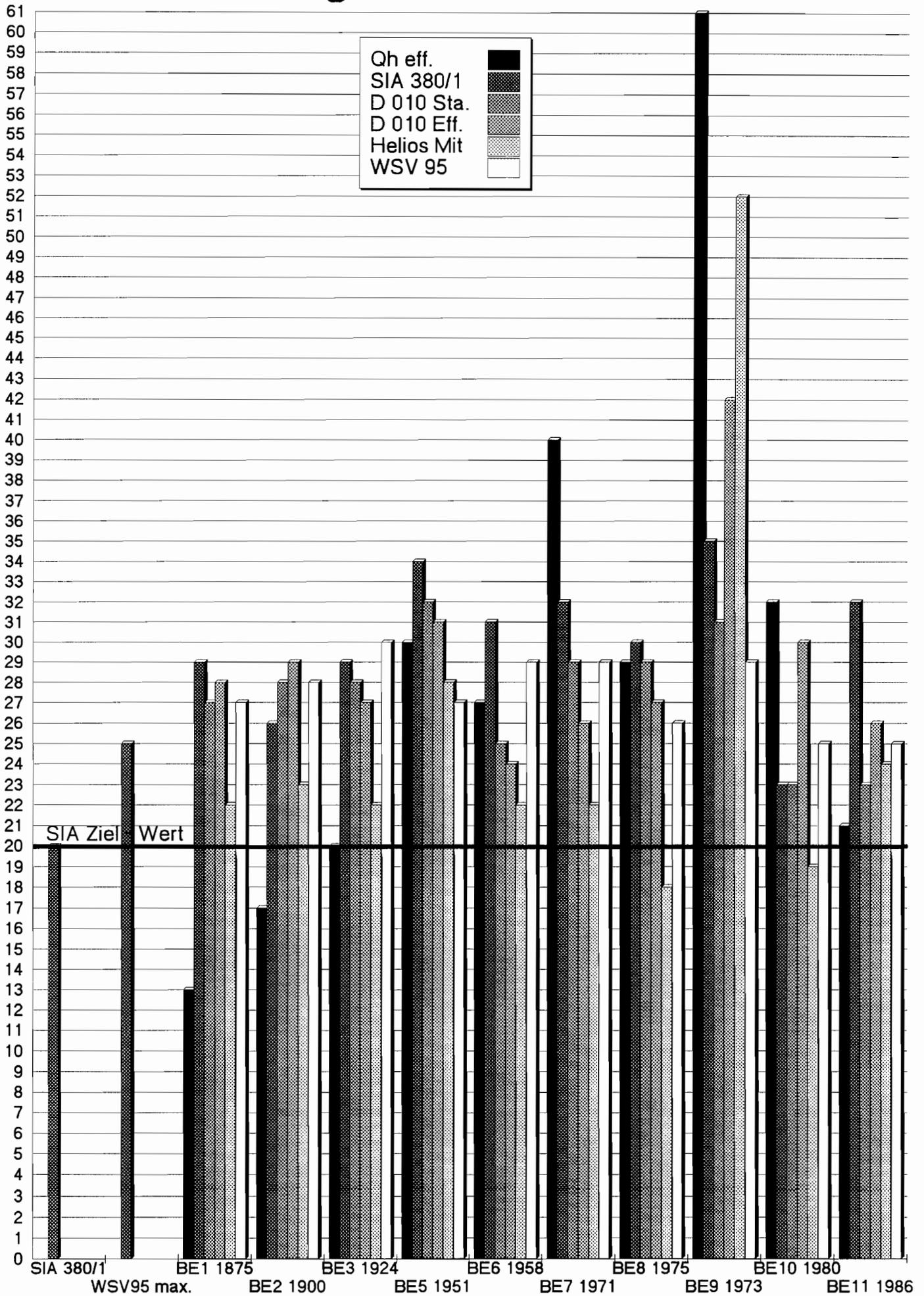
Qh - Vergleich in %



Qh - Vergleich in MJ/m2Jahr

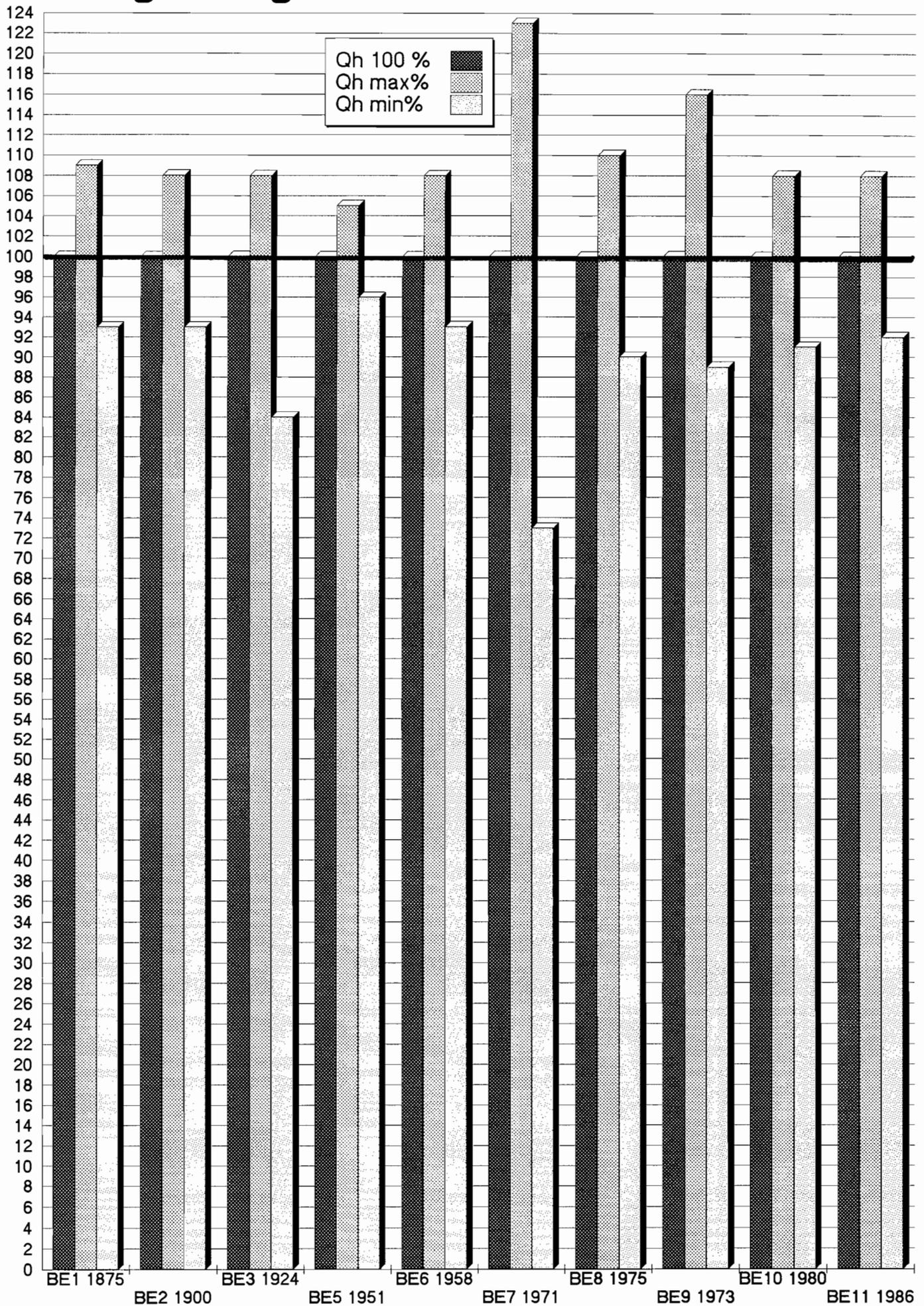


Qh - Vergleich in kWh/m3Jahr



Energie-Vergleich Qh-mittel-max.-min. in%

B 9



Vergleich Qh-mittel-max.-min. in MJ/m²Jahr ^{B 10}

