

# SIA Effizienzpfad

## Bestimmung der Ziel- und Richtwerte mit dem Top-Down Approach

### 1. Konzept

#### 1.1 Zielwerte

Die Zielwerte für Effizienzpfad compatible Gebäude werden Top-Down, d.h. aus den Grenzwerten der 2000-Watt-Gesellschaft, abgeleitet.

Beim Top-Down-Approach geht es darum, wie viel der im Jahre 2050 gemäss 2000-W-Gesellschaft gesamtschweizerisch zur Verfügung stehenden Primärenergie (3500 W pro Person gesamt bzw. 2000 W pro Person nicht erneuerbar) und Treibhausgasemissionen (2 t pro Person) von den einzelnen Gebäudekategorien (Wohngebäude, Bürogebäude, Schulen) für Betriebsenergie, Mobilität und Graue Energie verbraucht werden darf. Diese gesamtschweizerischen Werte müssen also auf die Gebäudekategorien und die Verwendungszwecke „herabgebrochen“ werden.

In einem ersten Schritt wird die heutige Verteilung auf Grund der CH- Gesamtenergiestatistik bestimmt. Die Werte der Tabelle 17 der Gesamtenergiestatistik [1] werden zu diesem Zweck auf Primärenergie und Treibhausgasemissionen umgerechnet. Die Resultate sind in der untenstehenden Tabelle aufgeführt.

Energiestatistik 2005		Haushalte		Dienstleistungen		Verkehr		Industrie		Gesamt
		Anteil		Anteil		Anteil		Anteil		
Endenergie	TJ pro Jahr	265'870	0.30	148'660	0.17	287'910	0.32	173'330	0.19	890'435
Primärenergie gesamt	TJ pro Jahr	449'386	0.30	292'741	0.19	385'896	0.26	320'636	0.21	1'504'203
Primärenergie nicht ern.	TJ pro Jahr	394'854	0.29	257'734	0.19	373'834	0.27	282'515	0.21	1'365'934
Treibhausgasemissionen	Mio t pro Jahr	17.7	0.27	9.2	0.14	26.3	0.41	9.9	0.15	64.5

Beim Effizienzpfad wird davon ausgegangen, dass im Jahre 2050 für die betrachteten Verwendungszwecke (Betriebsenergie, Mobilität, Graue Energie) gesamthaft für die betreffende Gebäudekategorie (Wohngebäude, Bürogebäude, Schulen) der gleiche Anteil an der Primärenergie und Treibhausgasemissionen zur Verfügung steht wie heute. Die Zielwerte ergeben sich daher grundsätzlich, indem die aus der Gesamtenergiestatistik abgeleiteten Werte mit den Reduktionsfaktoren gemäss folgender Tabelle multipliziert werden<sup>1</sup>. Die detaillierte Ableitung wird in den folgenden Kapiteln dargestellt.

		Reduktionsfaktor
Primärenergie gesamt	Reduktion von 6300 auf 3500 W pro Person	0.55
Primärenergie nicht erneuerbar	Reduktion von 5800 auf 2000 W pro Person	0.34
Treibhausgasemissionen	Reduktion von 8.6 auf 2 t CO <sub>2</sub> -Aequ. pro Person	0.23

#### 1.2 Richtwerte

Die Aufteilung der Zielwerte in Richtwerte für die Graue Energie, die Betriebsenergie und die Mobilität erfolgt auf Grund von Machbarkeits-Überlegungen.

Bei der Grauen Energie des Baumaterials und der Verkehrsinfrastruktur (Teil der Mobilitätsenergie) ist auch längerfristig keine starke Reduktion zu erwarten, weder bei der Menge der eingesetzten Materialien noch bei der Grauen Energie pro kg. Am ehesten kann die Graue Energie der Gebäude durch die Materialwahl und bei Neubauten durch die Kompaktheit beeinflusst werden. Wenn die Graue Energie konstant bleibt oder nur wenig reduziert wird, muss der Anteil der Betriebsenergie der Gebäude und der Mobilität am Gesamtenergieverbrauch abnehmen, d.h. die Betriebsenergie muss stärker reduziert werden als der Gesamtenergieverbrauch gemäss 2000 Watt-Gesellschaft.

<sup>1</sup> Damit die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden, müssen der Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der vom Effizienzpfad nicht erfassten Bereiche um die gleichen Faktoren reduziert werden.

Im vorliegenden Papier werden daher zwei Extremvarianten betrachtet. In der Variante A wird für diese Aufteilung der Zielwerte auf die Richtwerte ebenfalls von konstanten Anteilen ausgegangen. In der Variante B wird angenommen, dass der Bedarf an Grauer Energie, sowohl für das Baumaterial als auch für die Mobilitätsinfrastruktur, absolut konstant bleibt.

### 1.3 Annahmen

Die Berechnungen sind unabhängig von der zu erwartenden Bevölkerungszunahme von 7.46 Mio. auf 8.13 Mio., da die Maximalwerte der 2000-Watt-Gesellschaft als Werte pro Person und nicht als gesamtschweizerische Werte definiert sind. Für die Berechnung der Zielwerte für 2000-Watt-kompatible Gebäude gehen die Berechnungen von folgenden Annahmen aus:

- Der Flächenbedarf (Energiebezugsfläche pro Person) bleibt konstant.  
 Wohngebäude 60 m<sup>2</sup>  
 Arbeitsstätten 55 m<sup>2</sup>  
 Bürogebäude 35 m<sup>2</sup>  
 Schulen Lehrkräfte 260 m<sup>2</sup> Schüler 24 m<sup>2</sup>
- Das Mobilitätsverhalten (zurückgelegte Tagesdistanzen und Modalsplit) wird nicht weiter verschlechtert.
- Alle Neubauten entsprechen den Zielwerten dieses Merkblatts.
- Alle bestehenden Bauten werden bis 2050 entsprechend den Zielwerten für Umbauten energetisch saniert.

Die Realisierung dieser Annahmen erfordert gesamtgesellschaftliche Massnahmen, die ausserhalb des SIA Effizienzpfads Energie liegen.

## 2. Betriebsenergie (Raumklima, Warmwasser, Beleuchtung und Betriebs einrichtungen)

### 2.1 Wohngebäude

Der Energieverbrauch der Haushalte entspricht dem Energieverbrauch der Wohngebäude. Rund 30 % der Primärenergie und der Treibhausgasemissionen werden also heute durch die Betriebsenergie der Wohngebäude verursacht. Daraus ergeben sich die Istwerte in der untenstehenden Tabelle.

Auf Grund der Reduktionsfaktoren ergeben sich die Richtwerte der Variante A. Unter Berücksichtigung der Istzustandswerte für die Graue Energie, die weiter unten dargestellt werden, ergeben sich die Richtwerte der Variante B.

Betriebsenergie Wohngebäude		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	1888	1034	885
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	1679	578	406
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	2.37	0.55	0.04
Primärenergie gesamt	MJ pro m <sup>2</sup>	1001	548	469
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m <sup>2</sup>	890	307	215
Treibhausgasemissionen	kg pro m <sup>2</sup>	39.9	9.2	0.6

### 2.2 Dienstleistungsgebäude

Die Energiestatistik differenziert nicht nach Branchen. Daher werden die Dienstleistungsgebäude hier vorerst als Ganzes behandelt. Auch hier entspricht der Energiebedarf für die Dienstleistungen in etwa dem Energiebedarf der Dienstleistungsgebäude. Das heisst, etwa 19% der Primärenergie (gesamt oder nicht erneuerbar) entfällt auf die Dienstleistungsgebäude, aber nur 14% der Treibhausgasemissionen. Daraus ergeben sich die Istwerte in der untenstehenden Tabelle.

Auf Grund der Reduktionsfaktoren ergeben sich die Richtwerte der Variante A. Unter Berücksichtigung der Istzustandswerte für die Graue Energie, die weiter unten dargestellt werden, ergeben sich die Richtwerte der Variante B.

Betriebsenergie Dienstleistungsgebäude		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	1236	676	561
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	1096	377	234
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	1.23	0.29	0.15
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	1977	1028	1021
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	1753	604	528
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	62.6	14.5	7.7

Die Bottom-Up-Untersuchungen zum Gebäudeparkmodell [5] resultieren in wesentlich tieferen Werten für die Betriebsenergie von Büros und Schulen als die obigen Top-Down-Werte für Dienstleistungsgebäude im Allgemeinen, während bei den Wohngebäuden die beiden Werte innerhalb von ungefähr 10% übereinstimmen. Der Verdacht liegt daher nahe, dass andere Typen von Dienstleistungsgebäuden, wie Verkaufslöke, Spitäler, Restaurants, höhere Werte für die Betriebsenergie aufweisen als die Büros und Schulen. Wenn für den Istzustand anstelle der Top-Down-Werte für die Dienstleistungsgebäude die Bottom-Up-Werte für die Büros bzw. die Schulen eingesetzt werden, ergeben sich die Werte in den folgenden Tabellen. Bei den weiteren Berechnungen wird von diesen Werten ausgegangen.

### Bürogebäude

Betriebsenergie Bürogebäude		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	219	120	91
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	182	63	27
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.30	0.07	0.04
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	1406	770	708
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	1168	402	326
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	60.7	14.0	7.2

### Schulen

Betriebsenergie Schulen		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	100	55	42
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	85	29	9
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.16	0.04	0.02
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	936	512	461
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	796	274	210
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	47.4	11.0	5.2

## 3. Mobilität

Um aus dem Energieverbrauch des Verkehrs gemäss Energiestatistik die gebäudestandortabhängige Mobilität zu berechnen, sind bei den Werten der Energiestatistik verschiedene Korrekturen notwendig. Als erstes muss 14% abgezogen werden für den Transit und den Tanktourismus (entspricht der Differenz zwischen Energiestatistik und BFE-Energieperspektiven IV, vgl. provisorische Richtwerte Energieverbrauch Mobilität [2], Seite 2). Dann ist 16% abzuziehen für den Güterverkehr (do. Seite 3). Dann muss die Graue Energie der Verkehrsinfrastruktur dazu gezählt werden (do. Seite 5). Damit erhalten wir die Werte für den „einheimischen“ Personenverkehr inkl. Infrastruktur.

<b>„Einheimischer“ Personenverkehr inkl. Graue Energie der Infrastruktur</b>		
Primärenergie gesamt	TJ pro Jahr	<b>364'271</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	TJ pro Jahr	<b>352'398</b>
Treibhausgasemissionen	Mio. t pro Jahr	<b>21.3</b>

### 3.1 Wohngebäude

Untersuchungen im Rahmen des Merkblatts Mobilität haben ergeben, dass 47% der Wegedistanzen auf Wege entfallen, die bei Wohngebäuden enden [3]. Diese Wege werden gemäss Merkblatt Mobilität den Wohngebäuden angelastet. Der Anteil Primärenergie und Treibhausgasemissionen dieser Wege beträgt ebenfalls 47 %. Davon sind 71% sogenannte Alltagsmobilität, tägliche Fahrten von der Arbeit, von der Schule, vom Einkaufen und aus der Freizeit. Der Rest ist nicht-alltägliche Mobilität (mehrstündige Fahrten und Fahrten mit Übernachtung insb. ins Ausland). Da diese bei der Berechnung gemäss Merkblatt Mobilität nicht berücksichtigt werden, muss dieses Drittel ebenfalls abgezogen werden.

Wenn bei der Mobilität angenommen wird, dass der Anteil der Alltagsmobilität an der gesamten Mobilität gleich bleibt, erhalten wir folgende Richtwerte für die Gebäudestandortabhängige Mobilität.

<b>Mobilität Wohngebäude</b>		<b>Istzustand</b>	<b>Richtwerte</b>
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	<b>517</b>	<b>283</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	<b>500</b>	<b>172</b>
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	<b>0.95</b>	<b>0.22</b>
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	<b>274</b>	<b>150</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	<b>265</b>	<b>91</b>
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	<b>16.0</b>	<b>3.7</b>

Bei der Mobilität unterscheiden sich die beiden Varianten nicht im Gesamtwert, sondern nur wenn man die Betriebsenergie der Mobilität und die Graue Energie der Mobilitätsinfrastruktur separat betrachtet:

<b>Betriebsenergie Mobilität Wohngebäude</b>		<b>Istzustand</b>	<b>Richtwerte</b>	
			<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	<b>395</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	<b>383</b>	<b>132</b>	<b>55</b>
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	<b>0.82</b>	<b>0.19</b>	<b>0.09</b>
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	<b>210</b>	<b>115</b>	<b>86</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	<b>203</b>	<b>70</b>	<b>29</b>
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	<b>13.8</b>	<b>3.2</b>	<b>1.5</b>

### 3.2 Arbeitsstätten

Leider liefert die Verkehrsstatistik (Mikrozensus 2005) nur Angaben zu den Arbeitswegen ohne diese nach Branchen zu differenzieren. Daher wird vorerst generell die Mobilitätsenergie für Gebäude mit Arbeitsstätten berechnet. Auf die Arbeitsstätten entfallen 16% der Wegedistanzen und 21% des Primärenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen; davon sind 90% Alltagsmobilität.

Daraus ergeben sich die folgenden Istwerte und - unter den gleichen Annahmen wie bei den Wohngebäuden - die folgenden Richtwerte für die Gebäude mit Arbeitsplätzen.

<b>Mobilität Arbeitsstätten</b>		<b>Istzustand</b>	<b>Richtwert</b>
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	<b>293</b>	<b>160</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	<b>283</b>	<b>98</b>
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	<b>0.54</b>	<b>0.12</b>
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	<b>468</b>	<b>256</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	<b>453</b>	<b>156</b>
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	<b>27.3</b>	<b>6.3</b>

Für die Berechnung der Werte für die Bürogebäude und die Schulen wird vereinfachend angenommen, dass in Bezug auf die Pendlerdistanzen und die dafür verwendeten Verkehrsmittel kein wesentlicher Unterschied besteht zwischen den verschiedenen Branchen. Das heisst, dass die Primärenergie und die Treibhausgasemissionen pro Beschäftigten für alle Arbeitsstätten gleich sind. Die verschiedenen Branchen unterscheiden sich aber stark durch die Personenfläche (Energiebezugsfläche pro Beschäftigten).

### Bürogebäude

Bei den Büros wird mit einem Anteil am Total der Beschäftigten von 36 % gerechnet.

<b>Mobilität Bürogebäude</b>		<b>Istzustand</b>	<b>Richtwert</b>
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	<b>106</b>	<b>58</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	<b>102</b>	<b>35</b>
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	<b>0.19</b>	<b>0.05</b>
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	<b>683</b>	<b>374</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	<b>661</b>	<b>228</b>
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	<b>39.9</b>	<b>9.2</b>

Für die Betriebsenergie allein ergeben sich die folgenden Werte:

<b>Betriebsenergie Mobilität Bürogebäude</b>		<b>Istzustand</b>	<b>Richtwerte</b>	
			<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	<b>81</b>	<b>44</b>	<b>33</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	<b>78</b>	<b>27</b>	<b>11</b>
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	<b>0.17</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	<b>523</b>	<b>286</b>	<b>214</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	<b>506</b>	<b>174</b>	<b>73</b>
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	<b>34.4</b>	<b>8.0</b>	<b>3.7</b>

### Schulen

Bei den Schulen wird primär die Mobilität der Lehrkräfte berücksichtigt. Diese haben ein Beschäftigtenanteil von 2.7 %. Gemäss Merkblatt SIA 2039 beträgt die Mobilitätsenergie der Schüler im CH-Durchschnitt 46 % der Mobilitätsenergie der Lehrkräfte. Dies wird mit einem entsprechenden Zuschlag berücksichtigt.

<b>Mobilität Schulen</b>		<b>Istzustand</b>	<b>Richtwert</b>
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	<b>11.6</b>	<b>6.3</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	<b>11.2</b>	<b>3.8</b>
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	<b>0.021</b>	<b>0.005</b>
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	<b>143</b>	<b>78</b>
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	<b>138</b>	<b>48</b>
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	<b>8.4</b>	<b>1.9</b>

Für die Betriebsenergie allein ergeben sich die folgenden Werte:

Betriebsenergie Mobilität Schulen		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	8.8	4.8	3.6
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	8.6	3.0	1.2
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.018	0.0042	0.0020
Primärenergie gesamt	MJ pro m2	109	60	45
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2	106	37	15
Treibhausgasemissionen	kg pro m2	7.2	1.7	0.8

## 4. Baumaterial

Die Graue Energie für die Erstellung und Entsorgung der Gebäude lässt sich nicht aus der Energiestatistik ableiten. Sie ist Teil des Energieverbrauchs im Sektor Industrie. Teilweise wird das Baumaterial oder Vorstufen dazu importiert. Diese Energie ist Teil des Import/ Export-Saldos der Grauen Energie, der in der Energiestatistik nicht erfasst ist.

In einem Bericht „Graue Energie im Gebäudebestand der Schweiz“ [6] werden auf Grund statistischer Angaben über die Massen von 6 Materialgruppe im Gebäudebestand die Graue Energie und die Grauen Treibhausgasemissionen – separat für Wohngebäude und Dienstleistungsgebäude - abgeschätzt. Es ist anzunehmen, dass die Graue Energie und die Grauen Treibhausgasemissionen pro Energiebezugsfläche bei der heutigen Bauweise höher sind als im Durchschnitt des Bestandes (mehr Beton, mehr Haustechnik). Die Werte des Berichts für Wohngebäude werden daher mit 1,2 und die Werte der Dienstleistungsgebäude für die Büros mit 1,3 und für die Schulen mit 1,1 multipliziert. Daraus ergeben sich die Werte für den Istzustand und für die Variante B und nach Multiplikation mit den Reduktionsfaktoren die Werte für die Variante A gemäss den untenstehenden Tabellen.

### 4.1 Wohngebäude

Graue Energie des Baumaterials für Wohngebäude		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	328	180	328
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	263	90	263
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.66	0.15	0.66
Primärenergie gesamt	MJ pro Kopf und Jahr	174	95	174
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro Kopf und Jahr	139	48	139
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	11.2	2.6	11.2

### 4.2 Bürogebäude

Graue Energie des Baumaterials für Bürogebäude		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	63	35	63
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	54	19	54
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.04	0.010	0.040
Primärenergie gesamt	MJ pro Kopf und Jahr	135	74	135
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro Kopf und Jahr	116	40	116
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	8.8	2.0	8.8

### 4.3 Schulen

Graue Energie des Baumaterials für Schulen		Istzustand	Richtwerte	
			Variante A	Variante B
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	28	20	37
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	24	11	24
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.019	0.01	0.019
Primärenergie gesamt	MJ pro Kopf und Jahr	114	63	114
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro Kopf und Jahr	98	34	98
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	7.5	1.7	7.5

## 5. Total

Aus der Summe der Werte für die Betriebsenergie, die Mobilität und das Baumaterial ergeben sich die angegebenen Totalwerte für den Istzustand und für die Zielwerte gemäss der folgenden Tabelle. Die Summen der Richtwerte für die Varianten A und B sind gleich gross.

Angegeben sind auch die in SIA 2040 effektiv verwendeten Zielwerte für die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen pro Quadratmeter. Die Werte für gesamte Primärenergie sind informativ. Sie verstehen sich inkl. die am Gebäudestandort gewonnene erneuerbare Primärenergie

### 5.1 Wohngebäude

Zielwerte		Istzustand	Zielwerte	SIA 240
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	2678	1496	
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	2397	841	
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	3.88	0.92	
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	1420	793	(790)
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2 und Jahr	1271	446	440
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	65.2	15.5	16.0

### 5.2 Bürogebäude

Zielwerte		Istzustand	Zielwerte	SIA 2040
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	325	212	
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	284	117	
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.49	0.12	
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	2224	1217	(1220)
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2 und Jahr	1944	670	660
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	109.4	25.3	25.0

### 5.3 Schulen

Zielwerte		Istzustand	Zielwerte	SIA 2040
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	112	76	
Primärenergie nicht erneuerbar	W pro Kopf	96	41	
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.18	0.046	
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	1193	653	(650)
Primärenergie nicht erneuerbar	MJ pro m2 und Jahr	1032	356	390
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	63.2	14.6	16.0

## **Publikationen**

- [1] Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005, BFE, 2006
- [2] Provisorische Richtwerte Energieverbrauch für Mobilität, Planungsbüro Jud, 2009
- [3] Methodenbericht – Erklärungsmodelle für die gebäudestandortabhängige Mobilität, Hochschule Luzern, 2009
- [4] Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990 – 2004, BAFU, 2007
- [5] Gebäudeparkmodell – SIA Effizienzpfad Energie – Dienstleistungs- und Wohngebäude, ETH Institut für Bauplanung und Betrieb und TEP Energy GmbH, 2009
- [6] Graue Energie im Gebäudebestand der Schweiz, Wertstoffbörse GmbH, Oktober 2009

Rev 7.9.2010, Martin Lenzlinger



## Anhang: Berechnungstabellen

SIA Effizienzpfad Top-Down-Berechnung			Ziel- und Richtwerte						
<b>Zielwert 2000-Watt-Gesellschaft</b>		<b>2005</b>	<b>2050</b>	<b>Faktor</b>					
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	6395	3500	1.83					
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	5807	2000	2.90					
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	8.6	2.0	4.32					
		<b>Wohngebäude</b>		<b>Dienstleistungsgebäude</b>		<b>Büro</b>		<b>Schulen</b>	
		<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>	<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>	<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>	<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>
<b>Richtwert Betriebsenergie</b>									
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	1034	885	676	561	120	91	55	42
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	578	406	377	234	63	27	29	14
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.55	0.04	0.29	0.15	0.07	0.04	0.04	0.02
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	548	469	1082	1021	770	708	512	461
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	307	215	604	528	402	326	274	210
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	9.2	0.6	14.5	7.7	14.0	7.2	11.0	5.2
<b>Richtwert Gebäudestandortabhängige Mobilität</b>									
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	283	283	160	160	58	58	6.3	6.3
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	172	172	98	98	35	35	3.8	3.8
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.22	0.22	0.12	0.12	0.05	0.05	0.005	0.005
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	150	150	256	256	374	374	78	78
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	91	91	156	156	228	228	48	48
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	3.7	3.7	6.3	6.3	9.2	9.2	1.9	1.9
<b>davon Betriebsenergie</b>									
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	216	162	123	91	44	33	4.8	3.6
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	132	55	75	31	27	11	3.0	1.2
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.19	0.09	0.11	0.05	0.04	0.02	0.0042	0.0020
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	115	86	196	146	286	214	60	45
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	70	29	120	50	174	73	37	15
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	3.2	1.5	5.5	2.6	8.0	3.7	1.7	0.8
<b>Richtwert Baumaterial</b>									
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	180	328	140	255	35	63	15	28
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	90	263	75	218	19	54	8	24
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.154	0.664	0.040	0.174	0.010	0.043	0.004	0.019
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	95	174	74	135	74	135	63	114
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	48	139	40	116	40	116	34	98
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	2.6	11.2	2.0	8.8	2.0	8.8	1.7	7.5
<b>Zielwert Effizienzpfad</b>		<b>Wohngebäude</b>		<b>Dienstleistungsgebäude</b>		<b>Büro</b>		<b>Schulen</b>	
		<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>	<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>	<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>	<b>Variante A</b>	<b>Variante B</b>
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	1496	1496	976	976	212	212	76	76
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	841	841	550	550	117	117	41	41
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.92	0.92	0.45	0.45	0.12	0.12	0.046	0.046
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	793	793	1413	1413	1217	1217	653	653
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	446	446	800	800	670	670	356	356
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	15.5	15.5	22.8	22.8	25.3	25.3	14.6	14.6

SIA Effizienzpfad- Top-Down-Berechnung				Annahmen							
	Bevölkerung			Beschäftigte							
2005		7'459'100			2'700'000			975'000	Lehrkräfte	73'000	
									Schüler	807'000	
Energiebezugsfläche 2005		Wohngebäude		Dienstleistungsgebäude		Bürogeb.		Schulen			
	Mio m2	443.6		147.0		36.4	Anteil 0.25	19.0	Anteil	0.13	
	m2 pro Person	59.5		19.7		4.9		2.5			
	m2 pro Beschäftigten			54.4		37.3		260.3			
	m2 pro Schüler							23.5			
Energienstatistik 2005		Haushalte		Dienstleistungen							
			Anteil		Anteil						
Endenergie	TJ pro Jahr	265'870	0.30	148'660	0.17						
davon übrige erneuerb. E.	TJ pro Jahr	5'210	0.020	2'060	0.014						
Primärenergie gesamt	TJ pro Jahr	449'386	0.30	292'741	0.19						
ohne übrige erneuerb. E.	TJ pro Jahr	444'176	0.99	290'681	0.99						
Primärenergie nicht ern.	TJ pro Jahr	394'854	0.29	257'734	0.19						
Treibhausgasemissionen	Mio t pro Jahr	17.7	0.27	9.2	0.14						
Betriebsenergie											
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	1888		1236		219	0.18	100	0.08		
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	1679		1096		182	0.17	85	0.08		
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	2.37		1.23		0.30	0.24	0.16	0.13		
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	1001		1977		1406	0.71	936	0.47		
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	890		1753		1168	0.67	796	0.45		
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	39.9		62.6		60.7	0.97	47.4	0.76		
Gebäudestandortabhängige Mobilität								Zuschlag Schüler			
Betriebsenergie Mobilität								0.46			
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	395		224		81		8.8			
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	383		217		78		8.6			
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.82		0.46		0.17		0.018			
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	210		358		523		109			
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	203		347		506		106			
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	13.8		23.6		34.4		7.2			
Graue Energie Mobilität											
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	121		69		25		2.7			
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	117		66		24		2.6			
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.13		0.07		0.03		0.003			
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	64		110		160		34			
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	62		106		154		32			
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	2.2		3.8		5.5		1.1			
Gesamte Energie Mobilität											
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	517		293		106		11.6			
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	500		283		102		11.2			
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.95		0.54		0.19		0.021			
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	274		468		683		143			
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	265		453		661		138			
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	16.0		27.3		39.9		8.4			
Graue Energie Baumaterial		20% Bericht		30% Bericht		30%		10%			
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	328	273	255	196	63		28			
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	263	219	218	168	54		24			
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	0.66	0.55	0.17	0.13	0.04		0.02			
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	174	145	135	104	135		114			
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	139	116	116	89	116		98			
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	11.2	9.3	8.8	6.8	8.8		7.5			
Total Betriebsenergie, Mobilität und Baumaterial		Wohnen		Dienstleistungsgebäude		Büros		Schulen			
Primärenergie gesamt	W pro Kopf	2678		1725		325		112			
Primärenergie nicht ern.	W pro Kopf	2397		1547		284		96			
Treibhausgasemissionen	t pro Kopf und Jahr	3.88		1.91		0.49		0.18			
Primärenergie gesamt	MJ pro m2 und Jahr	1420		2550		2224		1193			
Primärenergie nicht ern.	MJ pro m2 und Jahr	1271		2295		1944		1032			
Treibhausgasemissionen	kg pro m2 und Jahr	65.2		96.7		109.4		63.2			