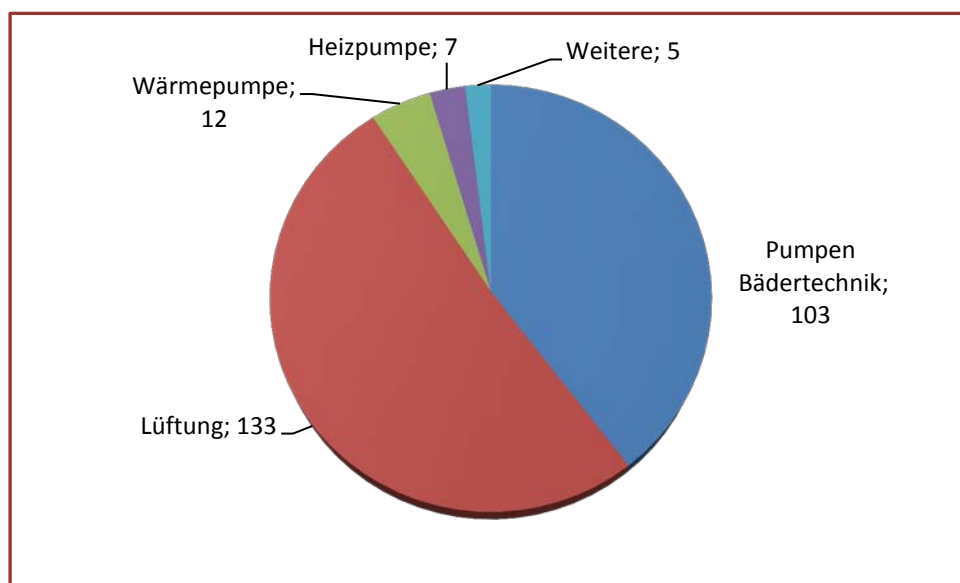


## Hallenbäder in der Schweiz

### Stromsparpotenzial bei Antrieben und Massnahmenkatalog



Mit Unterstützung von

Schaffhausen, 9. Jan. 2016

Auftraggeber:  
Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Auftragnehmer:  
InfraWatt  
Kirchhofplatz 12  
CH 8200 Schaffhausen  
[www.infrawatt.ch](http://www.infrawatt.ch), [info@infrawatt.ch](mailto:info@infrawatt.ch)  
Tel. 052 238 34 34

Autoren:  
InfraWatt  
Ernst A. Müller, Michèle Vogelsanger  
Kirchhofplatz 12, 8200 Schaffhausen

HK&T  
Kannewischer Ingenieurbüro AG  
Hugo Zürcher und Harald Kannewischer  
Gewerbestrasse 5  
6330 Cham

BFE-Sektionsleiter:	Herr Kurt Bisang
BFE-Projektleiter:	Herr Richard Phillips
BFE-Vertragsnummer:	SI/401364-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	- 3 -
1 Ziel und Ausgangslage .....	- 4 -
1.1 Ziel .....	- 4 -
1.2 Ausgangslage .....	- 4 -
2 Zahl der Hallenbäder in der Schweiz .....	- 5 -
2.1 Grundlagen .....	- 5 -
2.2 Aufgliederung in Hallenbadtypen.....	- 5 -
3 Stromverbrauch der Hallenbäder in der Schweiz.....	- 8 -
3.1 Hochrechnung Stromverbrauch.....	- 8 -
3.2 Gewerke und Technologien.....	- 8 -
3.3 Stromverbrauch nach Technologien.....	- 9 -
4 Stromsparerpotenzial .....	- 11 -
4.1 Vorgehen .....	- 11 -
4.2 Sparquoten .....	- 11 -
4.3 Hochrechnung Stromsparerpotenzial .....	- 12 -
4.4 Gesamtpotenzial - theoretisch und realistisch (top down).....	- 13 -
4.5 Konkrete Massnahmen und Umsetzung in der Praxis .....	- 14 -
5 Umsetzung der Massnahmen.....	- 15 -
5.1 Ausgangslage und Hemmnisse bei der Umsetzung .....	- 15 -
5.2 Freiwillige flankierende Massnahmen.....	- 15 -
5.3 Gesetzliche Massnahmen .....	- 18 -
5.4 Überblick mögliche Massnahmen bei Hallenbädern .....	- 19 -
6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen .....	- 20 -
7 Literatur .....	- 21 -

# 1 Ziel und Ausgangslage

## 1.1 Ziel

Ziel dieser Studie ist die Bestimmung des gesamten Stromverbrauches und der Stromsarpotenziale der elektrischen Antriebe bei den Hallenbädern in der Schweiz, sowie die Entwicklungen von entsprechenden Massnahmen, welche für eine Umsetzung der Potenziale in Frage kommen.

## 1.2 Ausgangslage

Der Stromverbrauch der Hallenbäder in der Schweiz war bisher noch nicht bekannt. In dieser Studie konnte nun aufgezeigt werden, dass der Stromverbrauch der Hallenbäder bisher unterschätzt wurde und beträchtlich ist. Denn die Hallenbäder brauchen etwa ähnlich viel Strom wie alle kommunalen Schulen in der Schweiz und verfügen über ein ähnlich grosses Sparpotenzial wie etwa die Kläranlagen oder Wasserversorgungen in der Schweiz.



Abbildung 1: Hallenbäder sind grosse Strom- und Wärmeverbraucher (Foto: KSS Schaffhausen)

## 2 Zahl der Hallenbäder in der Schweiz

### 2.1 Grundlagen

Für die nachfolgenden Untersuchungen über die Anzahl Hallenbäder in der Schweiz, der Ermittlung des Stromverbrauches und der Sparquoten wurden neben Publikationen auch eigene Umfragen durchgeführt:

- Rentable Energieoptimierung in Hallenbädern - in 7 Schritten zum Erfolg, von Energie Schweiz, Herausgeber: Bundesamt für Energie BFE, 2002 (9)
- Sportanlagen Statistik Schweiz 2012, Kurzbericht Bundesamt für Sport BASPO (4)
- Rationelle Energienutzung in Hallenbädern vom Bundesamt für Energiewirtschaft, März 1993 (10)
- Umfrage an ausgewählten Hallenbädern mit Erhebungsbogen vom 27.05.2015 von HK&T, Kannewischer Ingenieurbüro AG, Cham-Zug: Strombedarf für Hallenbäder in der Schweiz
- Diverse Abklärungen und Anfragen bei kantonalen Behörden, Kant. Laboratorien usw. durch HK&T von Mai - Juli 2015, Kannewischer Ingenieurbüro AG, Cham-Zug.

### 2.2 Aufgliederung in Hallenbadtypen

Bei den Hallenbädern muss je nach Eigentümer zwischen öffentlichen und privaten Hallenbädern sowie Schulschwimmbädern unterschieden werden, wobei diese auch unterschiedliche Grössen und Funktionen aufweisen.

#### 2.2.1. Öffentliche Hallenbäder

Bei den öffentlichen Hallenbädern sind alle Hallenbad-Typen erfasst, wie sie nach Norm 301 – Bäder, Grundlagen für Planung, Bau und Betrieb vom Bundesamt für Sport BASPO im Mai 2008 aufgeführt sind. Dabei wird nach Grösse und Funktion nach vier Kategorien unterschieden. Öffentliche Schulschwimmbäder werden in einer separaten Kategorie in Kap. 2.2.2 behandelt.

Kategorien öffentliche Hallenbäder:	Anzahl
• Hallenbäder mit Freibäder (nur Hallenbadbereich eingerechnet):	60
• Grosse Hallenbäder (mit Wasserfläche von ca. 1'000 m <sup>2</sup> ):	20
• Mittlere Hallenbäder (mit Wasserfläche von ca. 800 m <sup>2</sup> ):	190
• Kleine Hallenbäder (mit Wasserfläche bis ca. 500 m <sup>2</sup> )	<u>200</u>
<b>Total</b>	<b><u>470</u></b>

Die Anzahl der öffentlichen Hallenbäder konnte nach der Sportanlagen-Statistik Schweiz 2012 von BASPO (4) und nach weiteren öffentlichen Statistiken aus dem Internet (Stichwort "alle Hallenbäder") ermittelt werden.

In der Schweiz gibt es heute, das heisst Stand 2012, 470 öffentliche Hallenbäder. Dabei handelt es sich um 80 grössere und 390 mittlere und kleinere Hallenbäder.

## **2.2.2 Öffentliche Schulschwimmbäder**

Schulschwimmbäder sind Bäder in öffentlichen Schulanlagen, die hauptsächlich für den Schulbetrieb genutzt werden, jedoch in Randzeiten auch für die Öffentlichkeit zugänglich sind.

Bei den öffentlichen Schulschwimmbädern handelt es sich meist um Hallenbäder mit einem Becken mit einer Wasserfläche von 100 – 200 m<sup>2</sup>.

Über Schulschwimmbäder gibt es keine eidgenössischen Statistiken. In einzelnen Kantonen werden Schulschwimmbäder hauptsächlich durch die kantonalen Laboratorien erfasst, da diese - je nach Kanton - für die Kontrolle der gesetzlich vorgegebenen Hygieneanforderungen zuständig sind.

Die Zahl der Schulschwimmbäder wurde auf der Grundlage von einer Umfrage bei einzelnen Kantonen und Städten ermittelt und für die Schweiz hochgerechnet. Daraus ergeben sich in der Schweiz rund 350 öffentliche Schulschwimmbäder.

## **2.2.3 Private Hallenbäder**

Hotelbäder:

Hotelbäder sind der Öffentlichkeit, hauptsächlich dem Hotelgast, zugängliche Hallenbäder in Hotelanlagen. Es handelt sich mehrheitlich um kleinere Bäder, häufig mit einer Wasserfläche von 50-200 m<sup>2</sup>.

Therapiebäder / Gemeinschaftsbäder:

Bei Therapiebädern handelt es sich grösstenteils um Einzelbecken in Spitälern oder Kliniken, welche zur Therapie von Patienten eingesetzt werden. Dabei liegen die Wasserflächen meistens zwischen 50 – 150 m<sup>2</sup>.

Gemeinschaftsbäder sind Einzelbecken in Bildungsstätten, Überbauungen oder privat geführten Wellnessangeboten, häufig mit Wasserflächen von 50 – 150 m<sup>2</sup>.

Anzahl private Hallenbäder:

Es gibt in der Schweiz keine Statistik über private Hallenbäder. In einzelnen Kantonen sind Informationen über die Behörden, speziell den kantonalen Laboratorien zugänglich. In verschiedenen Kantonen wurde bei diesen Stellen wegen der Anzahl der Hallenbädern nachgefragt und eine Hochrechnung für die ganze Schweiz vorgenommen.

Die Zahl der Hotelbäder liegt demzufolge bei ca. 700 und bei den Therapie-/Gemeinschaftsbädern bei 300. Insgesamt sind es also rund 1000 private Hallenbäder.

## 2.2.4 Anzahl der Hallenbäder in der Schweiz

Aufgrund dieser neuesten Untersuchungen liegt die Zahl der öffentlichen und privaten Hallenbäder inkl. der Schulschwimmbäder in der Schweiz insgesamt bei 1820 Hallenbädern. 55% oder mehr als die Hälfte davon entfallen zahlenmässig auf private Hallenbäder und 45% auf öffentliche Hallenbäder inkl. Schulschwimmbäder. In Bezug auf den Stromverbrauch fallen aber die öffentlichen Hallenbäder inkl. Schulschwimmbäder deutlich stärker ins Gewicht (vgl. Kap. 3.1).

Tabelle 1: Anzahl Hallenbäder in der Schweiz

	Anzahl Hallenbäder	Anteil
	Anz.	%
- Hallenbäder mit Freibäder	60	3
- grosse Hallenbäder (ca. 1'000 m <sup>2</sup> Wasserfläche)	20	1
- mittlere Hallenbäder (ca. 800 m <sup>2</sup> WF)	190	11
- kleine Hallenbäder (ca. 500 m <sup>2</sup> WF)	200	11
Total öffentliche Hallenbäder	470	26
Öffentliche Schulschwimmbäder ca. 150 m <sup>2</sup> WF)	350	19
Private Hallenbäder (ca. 125 m <sup>2</sup> WF)	1000	55
<b>Total</b>	<b>1820</b>	<b>100</b>

## 3 Stromverbrauch der Hallenbäder in der Schweiz

### 3.1 Hochrechnung Stromverbrauch

Aufgrund von Erfahrungswerten und eigenen Auswertungen wurde für die einzelnen Kategorien der mittlere Stromverbrauch der Hallenbäder bestimmt und über die entsprechende Anzahl Anlagen der Stromverbrauch hochgerechnet.

Ein öffentliches Hallenbad verbraucht zwischen 150'000 bis über 1'000'000 kWh/a Strom, im Mittel rund 400'000 kWh/a. Die öffentlichen Schulschwimmbäder brauchen mit durchschnittlich 120'000 kWh/a nur einen Drittel davon, die privaten Hallenbäder im Mittel nur einen Viertel davon (rund 100'000 kWh/a).

Insgesamt verbrauchen die 1820 Hallenbäder in der Schweiz jährlich rund 328 GWh/a (Millionen kWh pro Jahr) Strom. Zwei Drittel davon verbrauchen die öffentlichen Hallenbäder, wobei alleine die mittleren Hallenbäder die Hälfte davon beanspruchen. Zusammen mit den Schulschwimmbädern verbrauchen die öffentlichen Hallenbädern 70% des Stromverbrauches, die privaten Hallenbäder 30%.

Tabelle 2: Hochrechnung Stromverbrauch der Hallenbäder in der Schweiz

	Anzahl Hallenbäder	Stromverbrauch pro Hallenbad	Stromverbrauch hochgerechnet	Anteil
	Anz.	GWh/a	GWh/a	%
- Hallen- und Freibäder	60	0.600	36	11
- grosse Hallenbäder (ca. 1'000 m <sup>2</sup> WF)	20	1.000	20	6
- mittlere Hallenbäder (ca. 800 m <sup>2</sup> WF)	190	0.500	95	29
- kleine Hallenbäder (ca. 500 m <sup>2</sup> WF)	200	0.175	35	11
Total öffentliche Hallenbäder	470	0.396	186	57
Öff. Schulschwimmbäder (ca. 150 m <sup>2</sup> WF)	350	0.120	42	13
Private Hallenbäder (ca. 125 m <sup>2</sup> WF)	1000	0.100	100	30
<b>Total</b>	<b>1820</b>	<b>0.180</b>	<b>328</b>	<b>100</b>

### 3.2 Gewerke und Technologien

Aufgrund verschiedenster Statistiken und Erfahrungen sind die in einem Hallenbad betriebenen technischen Anlagen und Gewerke bzgl. des Stromverbrauches in nachfolgende Bereiche gegliedert.

#### 3.2.1 Bädertechnik

Die Bädertechnik umfasst die technischen Anlagen zum Betrieb der Badewasseraufbereitung nach den behördlichen Anforderungen im Sinne der SIA-Norm.

Der Anteil der Antriebsenergie für die Bädertechnik beträgt ca. 95%.



### **3.2.2 Lüftungsanlagen**

Die Lüftungsanlagen erfordern in einem Hallenbad den höchsten Anteil des Stromverbrauches.

Je nach Ausbau-Standard und Wärmerückgewinnung sind teilweise Wärmepumpen zur Wärmerückgewinnung aus der Entfeuchtung in den Lüftungssystemen integriert.

Der Anteil an Antriebsenergie beträgt 100%.

### **3.2.3 Wärmeerzeugung**

Der Strombedarf für die Wärmeerzeugung, speziell in konventionellen Wärmeerzeugungsanlagen (Öl und Gas) ist relativ gering im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch im Hallenbad.

Dabei handelt es sich vollumfänglich um Antriebsenergie.

### **3.2.4 Diverse Verbraucher**

Bei den diversen Verbrauchern handelt es sich hauptsächlich um folgende Bereiche:

- Beleuchtung
- Diverse Anschlüsse für Nicht-Antriebsaggregate, wie Kühl- und Kochgeräte usw.
- Elektroanlagen, z.B. Audio-Video usw.

## **3.3 Stromverbrauch nach Technologien**

Aufgrund früherer Untersuchungen und Auswertung neuerer Projekte wurde der Stromverbrauch der verschiedenen Hallenbadtypen nach Technologien unterteilt.

Die Auswertung ergab, dass bei den Hallenbädern zwei Bereiche beim Stromverbrauch dominieren, einerseits die Lüftung und andererseits die Pumpen bei der Bädertechnik. Diese zwei Bereiche verbrauchen 72% des gesamten Stromes der Hallenbäder. Wärmepumpen, Heizpumpen und weitere Antriebe benötigen jeweils nur noch 2 bis 4%. Der grösste Verbraucher bei den Nicht-Antrieben ist die Beleuchtung mit einem Anteil am gesamten Stromverbrauch von 13%. Zusammen mit den restlichen Bereichen verbrauchen die Nicht-Antriebe bei den Hallenbädern 21%.

Bei den Hallenbädern in der Schweiz liegt der Anteil der Antriebe insgesamt bei 79%. Bei den öffentlichen Hallenbädern ist er etwas höher (80%), bei den Schulschwimmbädern (78%) und bei den privaten Hallenbädern (77%) nur etwas tiefer. Diese (kleinen) Unterschiede sind vor allem darauf zurückzuführen, dass bei privaten Hallenbädern und Schulschwimmbädern der Anteil der Beleuchtung höher ist (15%) als bei den öffentlichen Hallenbädern (12%).

Tabelle 3: Anteil der Technologien am Stromverbrauch der Hallenbäder in der Schweiz

	ANTRIEBE					Keine Antriebe		Total	
	Pumpen Bädertechnik	Lüftung	Wärmepumpe	Heizpumpen	Weitere	Beleuchtung	Diverse	Total	nur Antriebe
Stromverbrauch	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Öffentl. Hallenbäder	60	76	7	4	2	22	14	186	149
Öff. Schulschwimmb.	13	17	2	1	1	6	3	42	33
Private Hallenbäder	30	40	3	2	2	15	8	100	77
<b>Total Hallenbäder</b>	<b>103</b>	<b>133</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>43</b>	<b>25</b>	<b>328</b>	<b>259</b>
<i>Anteil in %</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Öffentl. Hallenbäder	32%	41%	4%	2%	1%	12%	8%	100%	80%
Öff. Schulschwimmb.	30%	40%	4%	2%	2%	15%	7%	100%	78%
Private Hallenbäder	30%	40%	3%	2%	2%	15%	8%	100%	77%
<b>Total Hallenbäder</b>	<b>31%</b>	<b>41%</b>	<b>4%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>13%</b>	<b>8%</b>	<b>100%</b>	<b>79%</b>

## 4 Stromsparpotenzial

### 4.1 Vorgehen

Für die einzelnen Technologien werden aufgrund früherer Untersuchungen und Auswertung von neueren Projekten und Erfahrungen Sparquoten ermittelt und das Sparpotenzial ausgehend vom jeweiligen Stromverbrauch berechnet. Dabei wurde noch zusätzlich eine wichtige Differenzierung gemacht, ob es sich um neue Anlagen handelt oder die Hallenbäder in jüngster Zeit saniert wurden oder nicht. Denn bei den sanierten Hallenbädern sind die Sparquoten sehr viel kleiner als bei den nicht sanierten Hallenbädern.

#### Hallenbäder ohne Sanierung:

Das Hallenbad ist im ursprünglichen Zustand der Erstellung und bereits älter als rund 10 Jahre. Es sind bisher keine umfangreichen Sanierungsmassnahmen, speziell zur Einsparung des Stromverbrauches, vorgenommen worden.

#### Hallenbäder mit Sanierung:

Dies betrifft Hallenbäder, die in den letzten rund 10 Betriebsjahren, technisch und betrieblich saniert wurden. Sie entsprechen weitgehend den heutigen behördlichen Anforderungen und erfüllen damit auch die aktuellen Ansprüche der Behörde.

Zu dieser Kategorie gehören aus energetischer Sicht auch Bäder, die in den letzten Jahren neu gebaut wurden.

#### Anteil der Sanierung:

Der Anteil der sanierten öffentlichen Hallenbäder wird auf 40% geschätzt, der Anteil bei den Schulschwimmbädern und vor allem bei den privaten Hallenbädern wird etwas tiefer eingestuft:

- öffentliche Hallenbäder: 40% saniert
- private Hallenbäder: 30% saniert
- Schulschwimmbäder: 35% saniert

### 4.2 Sparquoten

Die Sparquoten bei der Stromeinsparung wurden für jede Technologie einzeln bestimmt. Aufgrund von Erfahrungen wird jedoch davon ausgegangen, dass die Sparquote bei einer bestimmten Technologie sowohl bei den öffentlichen wie den privaten Hallenbädern oder den Schulschwimmbädern gleich ist. Hingegen hängt die Sparquote bei der gleichen Technologie sehr stark davon ab, ob ein Objekt bereits saniert wurde oder nicht.

Bei den Pumpen der Bädertechnik wird bei nicht sanierten Gebäuden von einer Sparquote von 30% ausgegangen, bei der Lüftung von 25% und bei den restlichen Antrieben von 20 - 25%. Nur bei der Beleuchtung wird angesichts der Technologiesprünge von höheren Werten ausgegangen (50%), bei den diversen Nicht-Antrieben von viel tieferen Werten (10%).

Bei den sanierten Hallenbädern wird von deutlich tieferen Sparquoten ausgegangen, bei den Antrieben zwischen 10 und maximal 15%.

Tabelle 4: Sparquote nach Technologie für sanierte und nicht sanierte Hallenbäder

	A N T R I E B E					Keine Antriebe		Total	
	Pumpen Bädertechnik	Lüftung	Wärmepumpe	Heizpumpen	Weitere	Beleuchtung	Diverse	Total	nur Antriebe
Sparquote	%	%	%	%	%	%	%	%	%
nicht saniert	30	25	20	25	20	50	10	29	27
saniert	10	10	10	15	10	20	5	11	10

### 4.3 Hochrechnung Stromsparerpotenzial

Ausgehend vom hochgerechneten Stromverbrauch und den differenziert ermittelten Sparquoten konnte das Stromsparerpotenzial für die unterschiedlichen Typen von Hallenbädern nach Technologien berechnet werden.

Insgesamt ergibt sich bei allen Hallenbädern und allen Technologien ein Sparpotenzial von 75 GWh/a. Bei den Antrieben ergeben sich Einsparungen von 55 GWh/a oder 73%. Der Anteil der Nicht-Antriebe ist mit 27% relativ hoch, da die Beleuchtung über überdurchschnittlich hohe Sparquoten verfügt.

Die grössten absoluten Einsparungen können im Bereich der Lüftung (Anteil 37%), der Bädertechnik (Anteil 31%) sowie dank den hohen Sparquoten bei der Beleuchtung (24% Anteil) erzielt werden. Werden nur die Antriebe betrachtet, so resultiert mit der Lüftung und der Bädertechnik zusammen ein Anteil von 93%; Wärmepumpen, Heizpumpen und Weitere liefern nur noch einen Anteil von je 1 bis 2%.

Insgesamt können bei den Hallenbädern in der Schweiz Einsparungen von 23% erreicht werden, bei den Antrieben 21%. Die Unterschiede sind allerdings je nach Sanierungsgrad sehr gross. Bei den sanierten Hallenbädern liegt die gesamte Einsparung bei 11% und den nicht sanierten Bädern bei 29%, bezogen auf die Antriebe bei 10 und 27%.

Die Hallenbäder, die bereits saniert wurden, liefern lediglich einen Sechstel des Sparpotenzials, es lohnt sich also vor allem bei den nicht sanierten Objekten anzusetzen.

Tabelle 5: Stromsparpotenzial nach Technologien der Hallenbäder in der Schweiz

	ANTRIEBE					Keine Antriebe		Total	
	Pumpen Bädertechnik	Lüftung	Wärmepumpe	Heizpumpen	Weitere	Beleuchtung	Diverse	Total	nur Antriebe
Stromverbrauch	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Öffentl. Hallenbäder	13	15	1	1	0	9	1	41	31
Öff. Schulschwimmb.	3	3	0	0	0	3	0	10	7
Private Hallenbäder	7	9	0	0	0	6	1	24	17
<b>Total Hallenbäder</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>75</b>	<b>55</b>
davon nicht saniert	20	24	1	1	1	16	2	63	46
davon bereits saniert	4	4	1	0	0	3	0	12	9
<i>Anteil an Total in %</i>	<i>31%</i>	<i>37%</i>	<i>2%</i>	<i>2%</i>	<i>1%</i>	<i>24%</i>	<i>3%</i>	<i>100%</i>	<i>73%</i>
<i>Anteil an Antrieben in %</i>	<i>43%</i>	<i>50%</i>	<i>3%</i>	<i>3%</i>	<i>1%</i>	<i>33%</i>	<i>4%</i>		<i>100%</i>

#### 4.4 Gesamtpotenzial - theoretisch und realistisch (top down)

Bei den aufgezeigten Sparpotenzialen wird davon ausgegangen, dass bei einer Sanierung des Hallenbades die Anlage energetische gemäss dem heutigen Stand der Technik optimiert wird. Dabei werden nur Massnahmen berücksichtigt, die an den meisten Anlagen in der Schweiz aus Sicht eines sicheren Betriebes und mit heute bekannten Technologien machbar und auch bezüglich Wirtschaftlichkeit verhältnismässig sind. Wir gehen davon aus, dass vier Fünftel dieser Potenziale oder rund 45 GWh/a wirtschaftlich sind. Das heisst aber noch nicht, dass die Massnahmen automatisch umgesetzt werden.

Es wird aufgrund von Erfahrungen ebenfalls davon ausgegangen, dass nur ein kleiner Teil dieser Sparpotenziale mit Sofortmassnahmen realisiert werden können, das heisst sie sind ohne relevante Investitionen und innerhalb kurzer Zeit und ohne eine Sanierung der gesamten Anlage oder der entsprechenden Anlagenteile machbar.

Das realistische Potenzial geht von einer verhältnismässigen Wirtschaftlichkeit aus, d.h. deutlich unrentable, aber heute technisch machbare Energiemassnahmen werden nicht realisiert. Wir gehen davon aus, dass das gesamte theoretisch machbare Potenzial nochmals deutlich höher liegt, insgesamt bei ca. 105 GWh/a bzw. bei den Antrieben bei 75 GWh/a.

Die realistischen Potenziale der Hallenbäder von 75 GWh/a würden bei einem Strompreis von z.B. 15 Rp./kWh jährlich Kosteneinsparungen von 11 Mio. Fr. ergeben oder über 15 Jahre von 170 Mio. Fr. und bei den Antrieben 125 Mio. Fr.

**Tabelle 6: Stromsparerpotenziale bei den Antrieben der Hallenbäder in der Schweiz**

	theoretisch machbares Potenzial	realistisches Potenzial	realistisches wirtschaftliches Potenzial	Sofortmassnahmen
	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
<b>Gesamtes Potenzial:</b>				
Öffentliche Hallenbäder	55	41	35	4
Öff. Schulschwimmbäder	15	10	9	1
Private Hallenbäder	35	24	21	4
<b>Total Sparpotenzial</b>	<b>105</b>	<b>75</b>	<b>65</b>	<b>9</b>
<b>Potenzial der Antriebe:</b>				
Öffentliche Hallenbäder	40	31	25	3
Öff. Schulschwimmbäder	10	7	5	1
Private Hallenbäder	25	17	15	3
<b>Total Sparpotenzial bei Antrieben</b>	<b>75</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>7</b>

## 4.5 Konkrete Massnahmen und Umsetzung in der Praxis

### Leitfaden "Energie in Hallen- und Freibädern"

Der neue Leitfaden, der im Auftrage des Bundesamtes für Energie erstellt wird, darf als Standardwerk bezeichnet werden, denn er liefert einen Überblick und eine Anleitung zur energetischen Optimierung von Hallenbädern in der Praxis (1).

Der Leitfaden ist ab 2016 beim Bundesamt für Energie sowie unter [www.vhf.ch](http://www.vhf.ch) erhältlich.

### Betriebliche Sofortmassnahmen:

Bei Hallenbädern lassen sich durch betriebliche Sofortmassnahmen Stromeinsparungen ohne grössere Investitionen realisieren. Für die Ermittlung und Umsetzung solcher Sofortmassnahmen soll das Personal vermehrt ausgebildet werden.

### Sanierung von Aggregaten

Vor allem bei Neubau und Sanierung ist der Einsatz von Technologien mit höchster Energieeffizienz zu empfehlen, da Antriebssysteme erst wieder in 15 bis 20 Jahren ersetzt und damit optimiert werden können. Dabei können folgende Massnahmen vorgenommen werden:

- Einsatz hocheffizienter Motoren bzw. Antriebe
- Aggregate mit teilweise über Frequenzumformer geregelter Systeme
- Überdimensionierungen vermeiden
- Betrieb an Bedarf anpassen

## 5 Umsetzung der Massnahmen

### 5.1 Ausgangslage und Hemmnisse bei der Umsetzung

Bei Industrie und Gemeinden sind gemäss einer Umfrage folgende Faktoren die wichtigsten Barrieren für die Realisierung von Energieeffizienzmassnahmen (Quelle Umweltperspektiven 4/2014): Hohe Investitionen, unwirtschaftliches Vorhaben, fehlende Finanzierung, mangelnde personelle Kapazitäten.

Bei den Hallenbädern sehen die Hemmnisse etwas anders aus. Aufgrund von Umfragen bei verschiedenen grösseren Planungsbüros von Hallenbädern wurde immer wieder betont, dass zunächst die Anforderungen an die Hygiene erfüllt und die Hallenbäder für die Kunden attraktiv sein müssen, wobei die Kosten bzw. vor allem die Investitionen natürlich für die Bauherrschaft verhältnismässig sein müssen. Erst nach diesen diversen Anforderungen folgt das Thema Energie, das sich den vorgängigen Prioritäten unterzuordnen habe. Aus diesen Bewertungen werden für die Energieoptimierung von Hallenbädern folgende allgemeine Schlussfolgerungen gezogen:

- Energie hat bei den Hallenbädern heute noch nicht den gebührenden Stellenwert.
- Die höheren Investitionen von energetisch besseren Lösungen sind immer noch ein Hindernis, selbst wenn sie sich über die Lebensdauer der Massnahmen amortisieren bzw. wenn sie wirtschaftlich sind.
- Die Energiepotenziale bzw. die umsetzbaren wirtschaftlichen Energiemassnahmen sind bei den Bauherren und dem Betriebspersonal noch zu wenig bekannt.
- Das Know how muss auf der Fachebene noch weiter verbreitet werden, also bei den Betreibern, Planern, Installateuren und Herstellern.
- Bei Ausschreibungen oder Variantenentscheiden werden die Investitionen im Vergleich zu den langfristigen Gesamtkosten überbewertet. Energieeffizientere Lösungen, die meist mit höheren Investitionen und tieferen Jahreskosten verbunden sind, werden dadurch benachteiligt, selbst wenn sie wirtschaftlicher sind.

### 5.2 Freiwillige flankierende Massnahmen

Ausgehend von obigen Ausführungen zu den Hemmnissen empfehlen wir folgendes Massnahmenpaket, um die grossen Potenziale - vor allem auch im Bereich der Antriebe - zukünftig vermehrt umsetzen zu können.

#### 1. Kompetenzzentrum "Energie in Hallenbädern" aufbauen

- Es braucht eine Institution, die sich bei den Hallenbädern spezifisch für das Energiethema stark macht, einen "Kümmerer" oder "Treiber".
- Um den Stellenwert der Energie zu stärken, muss Information, Beratung, Aus- und Weiterbildung auf allen Ebenen weiter verstärkt werden, bei Bund, Kantonen und Gemeinden, bei Bauherren und Betreibern, bei Planern, Installateuren und Herstellern.
- Dazu soll ein fachkompetentes und neutrales Kompetenzzentrum "Energie in Hallenbädern" etabliert werden. Träger dieses Kompetenzzentrums sollten möglichst die Fachverbände der Branchen sein, also vor allem der Verband Hallen- und Freibäder (VHF).
- Ziel des Kompetenzzentrums muss sein, die energetische Qualität der Hallenbäder stetig voranzubringen, so dass möglichst viele Hallenbäder mittelfristig die Energiekennwerte aus dem Leitfaden (1) erreichen.

- Das Kompetenzzentrum arbeitet eng mit den wichtigsten Marktplayern zusammen, wodurch die Wirkung der Aktivitäten ausgeweitet und multipliziert werden kann. Das Kompetenzzentrum darf keine Konkurrenz zur Wirtschaft sein, es soll eine neutrale Anlauf-, Auskunfts- und Beratungsstelle sein. So können auch alle Planer, Installateure und Hersteller zum Mitwirken gewonnen werden, da sich durch die Energieoptimierung i.d.R. mehr Aufträge ergeben und auch die Bauherren/Betreiber kostenmässig profitieren.
- **Antrag:** Schaffung eines Kompetenzzentrums "Energie in Hallenbädern" durch die Fachverbände der Hallenbäder

## 2. Information, Beratung und Aus-/Weiterbildung

- Die Botschaft "Energieoptimierung" muss mit professioneller PR in der Branche und der Öffentlichkeit regional und national verstärkt verbreitet werden. Es soll über gute Beispiele, besondere Anlässe (z.B. Auszeichnungen) etc. in Medien des Zielpublikums, in Fachzeitschrift wie auch in Zeitschriften von Städten und Gemeinden berichtet werden.
- Wünschenswert und wirkungsvoll sind persönliche Beratungen der Betreiber, um bei Anlagen Energiepotenziale abzuschätzen, Betreiber ein sinnvolles Vorgehen zur Umsetzung aufzuzeigen und vor allem zu weiteren Schritten zu überzeugen. Diese Beratungen müssen von Fachleuten, welche in der Branche Akzeptanz geniessen, durchgeführt werden. Dabei sollen auch die gesetzlichen Grundlagen und die Fördermöglichkeiten vorgebracht und als Grund für weitere Umsetzungsschritte genutzt werden, um konkrete Ansätze zur Energieoptimierung aufzuzeigen, entsprechende Energiestudien auszulösen und zur Umsetzung der Energiemassnahmen zu motivieren. Schwergewichtig sollen diese Beratungen bei nicht sanierten Anlagen ansetzen.
- Es ist zu prüfen, ob vom Kompetenzzentrum "Energie in Hallenbädern" eine Auszeichnung von energieeffizienten Anlagen verliehen werden soll. Die Übergabe soll in würdigem Rahmen vorgenommen werden. Der Anlass sollte regelmässig durchgeführt werden, z.B. alle 2 oder 3 Jahre und könnte mit einer Energietagung oder Energieseminar kombiniert werden.
- Zu Zeit wird im Auftrag des BFE ein Leitfaden "Energie in Hallen- und Freibädern" erstellt, der als Grundlage für die Aus- und Weiterbildung dient. Es sollen entsprechende Aus-/Weiterbildungsangebote für Bauherren, das Betriebspersonal sowie die Fachleute entwickelt werden, wozu rasch ein Konzept entwickelt und das BFE um Unterstützung angefragt werden soll.
- Es soll eine Plattform von befähigten Ingenieurbüros bzw. Fachleuten aufgebaut werden. Diese Fachleute sollen befähigt werden, Energieanalysen, die Planung und Realisierung der Energiemassnahmen kompetent und fachgerecht auszuführen. Bei dieser Plattform werden die Fachleute regelmässig weitergebildet und ein Erfahrungsaustausch angeboten. Dies dient auch der Qualitätssicherung.
- **Antrag:** Das Kompetenzzentrum "Energie in Hallenbädern" soll in Zusammenarbeit mit den Fachverbänden und der Wirtschaft aktiv Information, Beratung und Aus-/Weiterbildung im Bereich Energie betreiben, wozu auch beim Bundesamt für Energie bzw. EnergieSchweiz um Unterstützung angefragt werden soll.

## 3. Finanzielle Beiträge an erste Energiestudien

- Der erste Schritt einer Energieoptimierung ist immer eine Energieanalyse, welche die machbaren und wirtschaftlichen Potenziale und Massnahmen den Betreibern überhaupt erst aufzeigt. Diese Energieanalyse kann im Rahmen der Planung von neuen Hallenbädern oder Sanierungen erstellt werden. Oder sie zeigt ganz einfach als eigenständige Arbeit mögliche Sofortmassnahmen, kurzfristige und langfristige Massnahmen auf, die schrittweise umgesetzt werden können. (Langfristige Massnahmen werden meist im Rahmen einer Sanierung durchgeführt).



- Bei Hallenbädern sind solche energetischen Machbarkeitsstudien, selbst bei Sanierungen, heute noch nicht üblich. Umso mehr empfehlen wir der Energieoptimierung bei Sanierungen ein grösseres Gewicht zu geben und immer mit einer Energieanalyse sicherzustellen, dass das gesamte Hallenbad auch nach energetischen Kriterien optimiert und die Energiekennwerte aus dem Leitfaden erreicht werden. Fachgrundlage für solche Energieanalysen ist der neue Leitfaden (1).
- Gemäss Umfragen bei den wichtigsten Planungsbüros im Hallenbadbereich könnten mit beschränkten finanziellen Beiträgen die Erstellung von Energiestudien am wirkungsvollsten ausgelöst werden. Gerade jene Betreiber, bei denen Energie noch weniger bedeutend ist, erkennen die Energiepotenziale und damit den Nutzen im Voraus noch nicht, weshalb dieses Hindernis durch Anreize, Information und Beratung vermindert werden muss.
- **Antrag:** Das BFE fördert Energieanalysen, die nach dem Leitfaden (1) erstellt werden, mit einem finanziellen Beitrag; energetische Feinanalysen z.B. mit 50% und maximal 10'000 Fr. Beiträge von Dritten, z.B. von Kanton oder ProKilowatt werden von diesem BFE-Betrag abgezogen. Die Förderung wird an die Forderung geknüpft, dass der Betreiber innerhalb von ein bis zwei Jahren eine Rückmeldung über die bereits realisierte bzw. geplante Umsetzung der vorgeschlagenen wirtschaftlichen Massnahmen macht. Eine neutrale Institution wie das Kompetenzzentrum "Energie in Hallenbäder" macht die Förderbeiträge bekannt und kontrolliert die Studien und die Einhaltung der Bedingungen.
- **Antrag:** Sofortmassnahmen sind vor allem bei der Optimierung des Betriebes zu finden, weshalb Sofortmassnahmen an zwei, drei Fallbeispielen mit Unterstützung vom BFE aufzuzeigen sind und anschliessend entsprechende Kurse für das Betriebspersonal angeboten werden sollen.
- **Antrag:** Nach der Inbetriebnahme eines neuen oder sanierten Hallenbades wird der Energieverbrauch oder die Energiekennzahlen in der Praxis kaum mehr kontrolliert, weder vom Betriebspersonal noch wird der Planer beauftragt in regelmässigen Abständen betriebliche Optimierungsmassnahmen unter Berücksichtigung des Energieverbrauches zu ermitteln. Dazu empfehlen wir an zwei, drei Fallbeispielen ein Instrument für die Praxis zu entwickeln und über Information und Aus-/Weiterbildung zu verbreiten.

#### 4. Finanzielle Beiträge an die Realisierung von Massnahmen.

- Bei der Umfrage bei den diversen Planungsbüros wurde die finanzielle Unterstützung an Energiemassnahmen als hilfreich für die Umsetzung hervorgehoben. Aber offensichtlich sind die heutigen Fördermöglichkeiten noch zu wenig bekannt, seien es die Beiträge von ProKilowatt (Stromeinsparung), KEV (erneuerbare Stromproduktion), KliK (Substitution fossiler Brennstoffe) oder Fördergelder von den Kantonen (an Energiestudien oder Massnahmen). Deshalb wird vorgeschlagen die heute bereits bestehenden Fördermöglichkeiten den Entscheidungsträgern und Planern landesweit mit vermehrter Information näher zu bringen.
- Für die Realisierung von Stromsparmassnahmen besteht das Förderprogramm ProKilowatt. Diese Möglichkeiten sind in der Branche noch wenig bekannt und werden kaum genutzt, da auch der Bewilligungsprozess für einen Einzelfall nicht ganz einfach und zeitlich im Voraus nicht flexibel planbar ist. Deshalb wird empfohlen die Eingabe von einem Programm zu prüfen, welches die Gesuchstellung wesentlich beschleunigen, vereinfachen und planbarer machen kann. (Das Programm ersetzt aber eine generelle Förderung von Energieanalysen nicht, da bei ProKilowatt nur unter der Bedingung gefördert wird, dass daraus Massnahmen realisiert werden müssen, was für Betreiber im Voraus nicht erkennbar und die Förderung nicht gesichert ist.)
- Ob eine weitere Förderung im Bereich der Stromeffizienz notwendig und wirksam ist, sollte erste nach Einreichung eines Gesuches für ein Programm "Energie in Hallenbädern" an ProKilowatt nochmals geprüft werden.

- **Antrag:** Das Kompetenzzentrum informiert vermehrt über die bestehenden Fördermöglichkeiten von Kanton oder auf Bundesebene (ProKilowatt, KEV, CO<sub>2</sub>-Kompensation von KliK)
- **Antrag:** Der Fachverband VHF oder eine andere Institution prüft die Eingabe von einem Programm bei ProKilowatt für "Energie in Hallenbäder".

## 5.3 Gesetzliche Massnahmen

In Bezug auf die Energieeffizienz bestehen bei Hallenbädern folgende wichtige Gesetzesgrundlagen in der Schweiz.

### 1. Grossverbrauchermodell

- Von den 1820 Hallenbädern in der Schweiz haben schätzungsweise 230 Anlagen oder 13% in der ganzen Schweiz einen Stromverbrauch von über 500'000 kWh/a und sind damit Grossverbraucher. Diese Hallenbäder verbrauchen insgesamt rund 117 GWh/a oder rund einen Drittel des gesamten Stromverbrauches aller Hallenbäder, wobei nur ein Teil davon auch dem Grossverbraucherartikel von den Kantonen unterstellt wird. Unter Berücksichtigung des restlichen Stromverbrauches neben dem Hallenbad bei Schulen, Hotels oder Spitälern dürfte die Zahl noch etwas grösser sein.
- Mit dem Grossverbrauchermodell wird die Forderung gestellt, Energiemassnahmen zu ermitteln und die wirtschaftlichen bzw. betrieblich machbaren Massnahmen davon auch umzusetzen.
- Zuständig für das Grossverbrauchermodell sind die Kantone, die Umsetzung fällt dadurch sehr unterschiedlich aus. Diverse Kantone (VS, JU, LU, ZG) haben noch kein Gesetz, vielen setzen das Gesetz nicht oder nicht strikte um. Der Kanton Zürich hingegen setzt das Gesetz schon seit Jahren um. In der Romandie wurde der Vollzug in FR und VD 2014 begonnen.
- Bezüglich einer Bewertung über den Stand des Vollzuges bei den Hallenbädern gibt es Lücken, da die befragten Planungsbüros (erstaunlicherweise) noch kaum mit dem Grossverbrauchermodell konfrontiert wurden.
- Eine Umsetzung des Grossverbrauchermodells durch die Kantone würde das Energiethema bei den Hallenbädern bekannter machen und wohl auch beleben. Wichtig bei der Umsetzung ist, dass die Energiestudien von Fachleuten durchgeführt werden, welche die Verhältnisse und Bedürfnisse bei den Hallenbädern einschätzen können und keine Zielkonflikte z.B. mit den hygienischen Vorgaben bzw. einem zuverlässigen Betrieb entstehen.
- **Antrag:** Die Planungsbüros und die Betreiber von Hallenbädern sind auf das Thema Grossverbraucher besser vorzubereiten.

### 2. Technische Vorgaben z.B. über Wirkungsgrade von Pumpen

- Energetische Anforderungen an Pumpen alleine für die Hallenbäder vorzuschreiben, scheinen uns weniger sinnvoll zu sein, diese sind generell an Motoren und Pumpen zu stellen. Dies betrifft vor allem die Produkte und damit die Hersteller.
- Mit Anforderungen an die Wirkungsgrade von Motoren und Pumpen wird nur ein Teil des Energiepotenzials erfasst, es müssen zusätzliche Überlegungen an das Gesamtsystem gemacht werden, da die Potenziale bei der Dimensionierung und dem Betrieb (Lüftung, Bädertechnik, etc.) noch deutlich grösser sein dürften.
- Da die technischen Vorgaben oder der Vollzug Lücken aufweisen, sind vermehrt Anreize oder allenfalls Vorgaben zu schaffen, wie bereits vorgängig erläutert und nachträglich aufgeführt.

### 3. Weitere gesetzliche Vorgaben (wie Minergie etc.)

- Bezüglich weiterer gesetzlicher Vorgaben wird auf die detaillierten, praxisorientierten Angaben verwiesen, welche im Rahmen des Leitfadens "Energie in Hallenbädern" gemacht werden (1).

## 5.4 Überblick mögliche Massnahmen bei Hallenbädern

Aus unserer Sicht ist ein "Kümmerer" für die Energieoptimierung auf den Hallenbädern bzw. der Aufbau eines Kompetenzzentrums "Energie in Hallenbädern" von zentraler Bedeutung. Damit sollen Information, Beratung und Aus-/Weiterbildung vorangebracht werden. Kombiniert mit finanziellen Beiträgen vom BFE an Energieanalysen kann die Wirkung nochmals wesentlich erhöht werden. Zudem könnten mit einem Programm von ProKilowatt auch Stromsparmassnahmen finanziell gefördert werden. Mit den gesetzlichen Vorgaben wie dem Grossverbrauchermodell kann ein gewisser Anteil der Hallenbäder erreicht werden, die Wirkung in Bezug auf Energieeffizienzsteigerung hängt aber sehr stark vom Vollzug in den einzelnen Kantonen und - nicht zuletzt - auch vom Willen der Betreiber zur Kooperation ab.

Tabelle 7: Überblick über mögliche Massnahmen bei den Antrieben der Hallenbädern in der Schweiz

		Wirkung	Kosten	Umsetzbar
<b>Freiwillige, flankierende Massnahmen:</b>				
	Info, Beratung, Aus-/Weiterbildung*: Aufbau Kompetenzzentrum	++++	-	++++
<b>Finanzielle Anreize schaffen:</b>				
	Finanzbeiträge an Energieanalysen *	+++	--	++++
	WeA (ProKilowatt): Programm schaffen	++++	----	+++
<b>Gesetzliche Grundlagen:</b>				
	Grossverbrauchermodell: Vollziehen	+++	---	++
	Technische Vorgaben an Pumpen	++	--	++
	weitere gesetzliche Grundlagen	++	--	++

\* Wirkung und Kosteneffizienz wird durch die Kombination beider Massnahmen gesteigert. Dies gilt auch für die gesetzlichen Massnahmen.

## **6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

### **Potenzial der Stromeinsparungen bei den elektrischen Antrieben**

Die realistischen Stromsparpotenziale der Hallenbäder in der Schweiz liegen insgesamt bei 75 GWh/a und bei den elektrischen Antrieben bei 55 GWh/a. Der grösste Teil dieser Potenziale ist bei Hallenbädern zu finden, die noch nicht saniert wurden. Bei den Antrieben dominieren unter den verschiedenen Technologien die Lüftung und die Pumpen bei der Bädertechnik mit einem Anteil von über 90% am Potenzial. Der grösste Teil des Potenzials ist wirtschaftlich, der Anteil der Sofortmassnahmen beschränkt sich weitgehend auf betriebliche Massnahmen.

### **Massnahmen zur Umsetzung der Stromsparpotenziale**

Zusammenfassend kommen wir zum Schluss, dass die grösste zusätzliche Wirkung und das beste Kosten-Nutzenverhältnis erzielt werden kann, wenn Information, Beratung und Aus-/Weiterbildung in Kombination mit Fördergeldern an Energieanalysen sowie Energiemassnahmen über ein neues Kompetenzzentrum "Energie in Hallenbädern" sichergestellt werden kann und dieses sich um die Verbreitung der Umsetzung der Energieoptimierung bei den Hallenbädern in der Schweiz kümmert und voranbringt.

## 7 Literatur

- (1) Leitfaden Energie in Hallen- und Freibädern; Harald Kannewischer und René Erni, HK&T, Ruedi Moser und Ivo Beurer, Hunziker Betatech AG, Roland Beck und Bruno Sieber, Beck Schwimmbadbau AG, Ernst A. Müller, InfraWatt; im Auftrag Bundesamt für Energie; Cham/Bern 2015/16 (laufend)
- (2) Elektrische Antriebe bei Infrastrukturanlagen - Potenzialanalyse und Massnahmenkatalog; Verein InfraWatt: Ernst A. Müller, Michèle Vogelsanger, Ruedi Moser, Urban Frei; im Auftrag Bundesamt für Energie; Bern 2014
- (3) Energie und Technik von Schwimm- und Hallenbädern; energo, EnergieSchweiz
- (4) Sportanlagenstatistik Schweiz 2012; Bundesamt für Sport BASPO; Luzern und Rüşchlikon 2013
- (5) Kennzahlenvergleich - Swissbad 2012; Raffael Husa, Beck Schwimmbadbau AG; Winterthur 2013
- (6) Potential der Schweizer Infrastrukturanlagen zur Lastverschiebung; Ernst A. Müller, Beat Kobel, Urban Frei, Ruedi Moser, Martin Kernen et. al.; im Auftrag Bundesamt für Energie; Bern/Winterthur 2013
- (7) Wärme gewonnen, Wasser gespart - Sanierung Hallenbad Allschwil; Dr. Eicher&Pauli AG; EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie; Bern 2002
- (8) Halbierter Energieverbrauch - Sanierung Muttenz; Dr. Eicher&Pauli AG; EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie; Bern 2002
- (9) Rentable Energieoptimierung im Hallenbad - in 7 Schritten zum Erfolg; EnergieSchweiz und Verband Hallen und Freibäder VHF, Bundesamt für Energie; Steinmaur/Bern 2002
- (10) Rationelle Energienutzung in Hallenbädern; Ingenieurbüro B. Kannewischer, Dr. Eicher&Pauli AG, Löpfe AG, Straub, AG; Bundesamt für Energie; Zug/Bern 1993
- (11) Handbuch Energie in der Wasserversorgung, Ratgeber zur Energiekosten- und Betriebsoptimierung; Ernst A. Müller, Felix Schmid, Anton Kilchmann, Beat Kobel, René Marugg, Reto Baumann et. al.; im Auftrag SVGW und Bundesamt für Energie; Zürich/Bern 2004