

Abschlussbericht der Stadt Lörrach

zum Projekt:

**Einsatz der DIN V 18599 für die Sanierungsplanung
an 9 Schulen in Lörrach und in Zell i. W.**



Gefördert durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz
der badenova AG&Co.KG

Projektnummer: 2008/19

Zuwendungsempfänger: Stadt Lörrach



Stadt Lörrach



Stadt Zell i.W.

Der Bericht wurde erstellt vom

Fachbereich Grundstücks- und Gebäudemanagement
der Stadt Lörrach

Jörg Bienhüls

Telefon: +49-(0) 7621-415-222

Telefax: +49-(0) 7621-415-693

E-mail: j.bienhuels@loerrach.de

Lörrach, den 15. September 2009

1. Projektbeschreibung

Zielsetzung:

Die DIN V 18599 wurde für die energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden entwickelt und ist im Rahmen der Energieeinsparverordnung 2007 (EnEV 07) für die Erstellung von Energieausweisen für Nichtwohngebäude zu verwenden. Die DIN V 18599 wird aufgrund des hohen Bearbeitungsaufwands vorrangig in der Entwurfsplanung von Neubauten zur Anwendung kommen. Sie bietet jedoch erstmals auch die Möglichkeit, auf einer detaillierten energetischen Analyse von Bestandsbauten eine integrale Sanierungsplanung aufzubauen.

Die DIN V 18599 kann aufgrund des großen Umfangs nicht manuell angewendet werden. Im Rahmen einer Bundesförderung wurde vom Fraunhoferinstitut für Bauphysik (IBP) ein Excel-Tool entwickelt, das zwar kostenlos zur Verfügung gestellt wird, aber noch mit kleineren Fehlern behaftet ist. Eine kommerzielle und voll funktionstüchtige Software wurde zum Zeitpunkt der Projektidee noch nicht angeboten. Aus diesem Grund wurde die DIN V 18599 bis dahin in der Praxis noch kaum eingesetzt und es fehlen daher noch umfassende Erfahrungen in der Anwendung der DIN V 18599. Da zudem der hohe Bearbeitungsaufwand abschreckend wirkt, stehen viele Kommunen und andere Besitzer von Nichtwohngebäuden dem Einsatz der DIN V 18599 im Gebäudebestand skeptisch gegenüber.

Gleichzeitig sind in Lörrach und Zell i.W. mehrere Schulen aus energetischer Sicht sanierungsbedürftig. Mit diesem Projekt soll die DIN V 18599 für die Sanierungsplanung an den Schulen eingesetzt werden und daraus Erkenntnisse sowohl zur DIN V 18599 als auch für die Sanierungsplanung an Schulen gewonnen werden.

Die Ziele im Einzelnen:

1. Erstellung von integralen Sanierungsplanungen auf verschiedenen Energieniveaus für 9 Schulen.
2. Prüfung der Eignung der DIN V 18599 für den praktischen Einsatz in der Sanierungsplanung.
3. Zusammenstellung der wesentlichen Randbedingungen, die das Erreichen niedriger Energieniveaus bei der Gebäudesanierung beeinflussen.
4. Darstellung der erreichbaren Energieniveaus bei den wesentlichen Randbedingungen

Umfang:

In diesem Projekt soll die DIN V 18599 in der Praxis gezielt bei der Sanierungsplanung von Bestandsbauten (hier beispielhaft an 9 Schulen) eingesetzt werden. Dabei sollen auf der Planungsebene der DIN V 18599 folgende Sanierungsziele dargestellt und miteinander verglichen werden:

1. Neubaustandard nach EnEV 2007,
2. Niedrigenergiehausstandard (30% unter Neubaustandard),
3. Passivhausstandard (40% unter Neubaustandard und Primärenergiebedarf max. 40 kWh/m²a)
4. „3-Liter-Haus“-Standard (40% unter Neubaustandard und Primärenergiebedarf max. 30 kWh/m²)

Während der Bearbeitung des Projekts hat sich gezeigt, dass die ursprünglich angestrebten Sanierungsziele, die aus dem Wohnungsbau entnommen waren, so nicht sinnvoll sind. Zum einen sind die Kennzahlen für den Primärenergiebedarf im Nichtwohnungsbau durch die mitgerechnete Beleuchtung und Lüftung generell höher als im Wohnungsbau, so dass die ursprünglich angesetzten Maximalwerte ungeeignet sind. Da die Berechnung im Nichtwohnungsbau anhand des Referenzgebäudeverfahrens durchgeführt wird und sich damit für jedes Gebäude ein individueller Grenzwert ergibt, sind Maximalwerte für den Primärenergiebedarf auch nicht kennzeichnend für ein bestimmtes Energie-Niveau. Es wurde daher auf die Festlegung von Maximalwerten verzichtet. Neben dem Primärenergiebedarf wird in der EnEV als Nebenbedingung der maximale Transmissionswärmeverlust H_T' begrenzt. Dadurch soll verhindert werden, dass allein mit der Heizungstechnik (z.B. erneuerbare Energien) die Anforderungen erfüllt werden und die Wärmedämmung im Neubau unzureichend berücksichtigt wird. Im Bereich von Gebäudesanierungen und insbesondere, wenn das Neubau-Niveau z.T. deutlich unterschritten werden soll, kann auf Dämmmaßnahmen jedoch nicht verzichtet werden. Die exakte Einhaltung des H_T' -Wertes führt daher bei integralen Sanierungsprojekten eher zu extremen Auslegungssituationen als zu sinnvollen Energiekonzepten. Um dem Hauptanliegen maximaler Klimaschutz bzw. optimale CO₂-Einsparung gerecht zu werden und die Berechnungen im Rahmen des zur Verfügung stehenden Budgets noch effektiv durchführen zu können, wurde daher auf die Einhaltung des H_T' -Wertes verzichtet. **Aus diesen Gründen wurde als Vergleichsgröße für die Sanierungsziele ausschließlich der Primärenergiebedarf herangezogen und dieser soll den Wert für Neubauten um 30% (Niedrigenergiehaus-Standard), um 40% (Passivhaus-Standard) bzw. um 55% (3-Liter-Haus) unterschreiten.**

Zur Vereinfachung wurden die Sanierungsmaßnahmen mit einer einheitlichen Systematik eingesetzt. Es wurde daher auf eine detaillierte Anpassung z.B. der Dämmstoff-Stärken und auf eine genaue Einhaltung des jeweiligen Energieniveaus verzichtet und statt dessen eine Abweichung von 5% vom jeweiligen Energieniveau zugelassen. Für die konzeptionelle Betrachtung in dieser Studie ist diese Genauigkeit ausreichend.

Aus den ermittelten Planungsvarianten sollen folgende Aussagen abgeleitet bzw. Fragen beantwortet werden:

1. Ermittlung der geeignetsten Sanierungsvariante je Objekt.
2. Aussagen zur Eignung der DIN V 18599 für die Sanierungsplanung in der Praxis, z.B.:
Kann die DIN V 18599 in der Praxis mehr leisten als eine konventionelle Sanierungsplanung?
Wie hoch ist der Mehraufwand?
Lohnt sich der Mehraufwand (Aufwand/Nutzen-Relation)?
3. Welches Energieniveau kann bei den wesentlichen Randbedingungen erreicht werden?
Hier sollen Fragen beantwortet werden wie z.B.:
Ist Niedrigenergiehausstandard oder sogar Passivhausstandard möglich, wenn z.B. die Fassade aufgrund denkmalschutzrechtlicher Auflagen oder anderer Vorgaben nicht gedämmt werden kann?
Kann bei Einsatz einer Holzpellettheizung grundsätzlich mindestens Niedrigenergiehausstandard erreicht werden?
4. Kann ein bestimmtes Sanierungsziel den optimalen Sanierungsstandard darstellen?
Sollte z.B. bei der Sanierung von Schulen grundsätzlich Niedrigenergiehausstandard das Ziel sein?

Vorgehensweise:

Zum Projektstart waren bereits erste Software-Versionen verfügbar, die mit der DIN V 18599 Nichtwohngebäude betrachten konnten. Für das Projekt wurde die Software BKI Energieplaner ausgewählt. Um einen neutralen Vergleich der Ergebnisse aus dieser Software ermöglichen zu können, wurde parallel eine Berechnung der Gebäude mit einer dynamischen Simulation durchgeführt. Dies erfolgte mit der Software DK Integral.

Die Datenermittlung erfolgte aus den vorhandenen Bestandsplänen und durch Gebäudebegehungen, bei denen die Pläne überprüft und Daten ergänzt wurden.

Die wesentlichen Ergebnisse sind in der beigefügten Ausarbeitung „Integrale Sanierung von 9 Schulen in Lörrach und Zell im Wiesental“ des Ingenieur-Büros Delzer Kybernetik ausführlich dargestellt und werden in einer noch nicht genau terminierten öffentlichen Veranstaltung Ende 2009 den regionalen Bürgermeistern, Akteuren aus dem Energiebereich sowie der Presse vorgestellt.

Randbedingungen:

a) DIN V 18599 - Software

Zur numerischen Berechnung nach DIN V 18599 wurde in dieser Studie das Programm BKI Energieplaner 7.0 (Stand Januar 2009) verwendet.

b) DK-INTEGRAL als dynamisches Simulationsprogramm im Vergleich zur DIN V 18599

Zur Überprüfung der Berechnungen aus BKI wurde jedes Objekt parallel auch mit der dynamischen Simulationssoftware DK-INTEGRAL berechnet. Diese Ergebnisse und die entsprechenden Grafiken für jede Schule sind jeweils in dem Bericht von Delzer Kybernetik dargestellt. Aus den Gegenüberstellungen der Ergebnisse der beiden Programme sollen Aussagen über die Genauigkeit der DIN V 18599 gegenüber einem realitätsnahen dynamischen Simulationsmodell getroffen werden. DK-INTEGRAL (im Bericht als DKI gekennzeichnet) ist in 25 Jahren Praxiseinsatz an über 1000 Projekten validiert. Das gilt für einfache Sanierungen bis zu hoch anspruchsvollen Projekten mit hohem Innovationsgrad. Schließlich soll die Leistungsfähigkeit der DIN V 18599 als Werkzeug zur Sanierungsplanung bewertet werden.

c) Energieverbrauch

Die Verbrauchsdaten für die Endenergie wurden von der Stadt Lörrach und dem Hausmeister des Bildungszentrums Zell ermittelt.

◆ Heizenergie

Der reale Energieverbrauch eines Hauses ist neben den gebäude- und anlagenspezifischen Parametern vor allem vom Nutzerverhalten abhängig. Zum dynamisch simulierten Heizenergiebedarf kommen noch die Verluste bei der Erzeugung und Verteilung der Wärme hinzu. Diese Verluste liegen in der Regel im Bereich von 10 - 20 %. Es gilt: Endenergieverbrauch = Heizenergiebedarf + 10...20% Verluste.

◆ Warmwasser

Generell besteht bei einer Schule für die Duschen der Turnhalle ein Warmwasserbedarf. Der geringe Warmwasserbedarf im Schulgebäude wurde bei den untersuchten Objekten in der Regel durch Untertischgeräte gedeckt. In Turnhallen wurde mit Sonnenenergie, Erdöl, Ergas, Holzpellets und Holzhackschnitzel und elektrischer Wärmepumpe mit Erdsonde das Brauchwasser erwärmt. Da der Warmwasserverbrauch nicht separat erfasst wurde, erfolgte eine Abschätzung des Warmwasserverbrauchs. Es

wurde angenommen, dass der Warmwasseranteil ein Drittel des Gesamtwasserverbrauchs ausmacht.

◆ **Strom**

In den Verbrauchsdaten für Strom sind die Anteile für Elektrogeräte und Strom enthalten. Da der Hauptstromverbrauch in einer Schule durch Beleuchtung entsteht, wird die Beleuchtung als Sanierungsvariante, wenn erforderlich, ebenfalls untersucht.

◆ **Gesamtenergie**

Zur gesamtenergetischen Bewertung des Gebäudes werden der Heiz- und Lichtenergiebedarf zusammengefasst, wobei der Strombedarf für das Licht wegen des höheren Primärenergieaufwandes mit dem Faktor 2,7 gewichtet wird. Die energetischen und monetären Einsparungen sind auf diesen Gesamtenergiebedarf bezogen.

◆ **Validierung**

Für ein realistisches dynamisches Simulationsmodell des Ist-Zustandes, auf dem die Sanierungsvarianten aufbauen, wird dieses mit den gemessenen Endenergieverbrauchsdaten validiert.

d) Wirtschaftlichkeit

Das verwendete Maß für die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ist der „Rentabilitätsfaktor“ in Prozent. Es wird die durchschnittliche Kosteneinsparung, die sich durch die Maßnahme ergibt mit deren Anschaffungskosten ins Verhältnis gesetzt. Es gilt also:

$$\text{Rentabilität} = (\text{Gewinn bzw. Einsparung pro Jahr}) / \text{Investition} \times 100$$

Die durchgeführte Rentabilitätsrechnung der Maßnahmen gibt Aufschluss über deren Nutzen-Kosten-Verhältnis und wird für den Wirtschaftlichkeitsvergleich der Sanierungsvarianten genutzt.

2. Darstellung der Ergebnisse

a) Allgemeine Ergebnisse zur DIN V 18599:

- ◆ Der Arbeitsaufwand für die Eingabe zur DIN V 18599 war in der Anfangsphase sehr umfangreich und ist auch nach dem Trainingseffekt von 9 Schulen mit vergleichbarer Aufgabenstellung immer noch auf hohem Niveau.
- ◆ Die Begriffe und Definitionen sind sehr komplex, so dass selbst Experten auf den jeweiligen Gebieten, zum Beispiel Lüftungstechnik, viel Zeit für die Abklärung investieren müssen.
- ◆ Die Berechnungsergebnisse nach der DIN V 18599 sind auffallend ungenau, die Abweichung zur Realität von mehr als 100% beim Heizenergiebedarf war häufig.

Mit dem dynamischen Simulationsprogramm DK-INTEGRAL wurden zum Vergleich die gleichen Projekte untersucht. Mit den gleichen Hüllflächendaten und dem realistischen Nutzerverhalten wurden die realen Verbrauchsdaten immer sehr gut erreicht. Die Anlagenverluste lagen immer im realistischen Bereich von 10 bis 20%. Somit liegt die Abweichung der DIN V 18599 zur Realität nicht an den fehlenden oder ungenauen Informationen, sondern an den intern in dem Rechenkern zur DIN V 18599 genutzten mathematischen Modellen und Festlegungen.

- ◆ Die sehr komplexe Betrachtung für alle Fachbereiche bei der Eingabe und die sehr ungenauen Ergebnisse, die in einzelnen Bereichen auch nicht in der Tendenz stimmen, sowie die fehlenden Ergebnisse für die erforderlichen Leistungen bei der Heizleistung, Kühlleistung und Beleuchtungsleistung bringen keinen Vorteil für die Haustechnikplanung.
- ◆ Die DIN V 18599 weist trotz hoher Komplexität noch zahlreiche Schwachstellen auf. Insbesondere die Nutzerprofile entsprechen nicht den in der Praxis auftretenden Werten, Lüftungsanlagen werden zu schlecht bewertet und die pauschale Berechnung der Leitungslängen aus den Gebäudemaßen ergeben zu hohe Leitungsverluste.
- ◆ In der Sanierungsplanung von Nichtwohngebäuden sollte das Berechnungsverfahren auf den tatsächlichen Verbrauch abgestimmt sein, soweit nicht eine Nutzungsänderung vorliegt. Die DIN V 18599 bietet hier nur sehr starre Nutzerprofile. Es besteht zwar die Möglichkeit, die Nutzerprofile anzupassen, was jedoch nur für sehr geübte Anwender in Frage kommt.
- ◆ Der Aufwand für die Dateneingabe und Klärung der technischen Details ist sehr groß. Die erzielten Vorteile durch die detaillierte Datenerfassung werden durch pauschale Vorgaben wie bei den Leitungslängen, Nutzerprofilen und Lüftungsanlagen wieder zunichte gemacht.
- ◆ Der Schwerpunkt Primärenergiebedarf widerspricht in der Bewertung teilweise der Effektivitätsbeurteilung (Kosten / Nutzen) und dem integralen Modell. Wird entsprechend DIN 18599 beispielsweise eine Lüftungsanlage für ein Gebäude berechnet, die den Luftaustausch optimiert und damit die Lüftungsverluste reduziert, bewertet der Fokus „Primärenergiebedarf“ die Maßnahme negativ, denn die Anlage verbraucht, wenn auch minimal, Strom. Die Reduktion der Verluste, und damit eine direkte Senkung des Heizenergiebedarfs, wird nach DIN 18599 vernachlässigt.
- ◆ Aus heutiger Sicht ist eine integrale Planung für das Gesamtgebäude und Haustechnik mit der aktuellen DIN V 18599 und deren Umsetzung nur begrenzt möglich. Es fehlen zum Beispiel die Auslegungsdaten für die Haustechnik sowie die erforderliche Heiz- und

Kühlleistung. Mit diesen Daten könnten Kosten- / Nutzenbetrachtungen erstellt werden, die Hinweise geben, mit welchen Maßnahmen die Umwelt am deutlichsten und langfristig entlastet wird.

- ◆ Aus den oben dargestellten Betrachtungen lässt sich schließen, dass die DIN V 18599 für die Sanierungsplanung zwar als grobes Hilfsmittel eingesetzt werden kann, die Ergebnisse aber bezogen auf den betriebenen Aufwand zu ungenau sind. Besser geeignet für die Sanierungsplanung sind derzeit Systeme, die sich am tatsächlichen Verbrauch orientieren und diesen flexibel abbilden, wie z.B. dynamische Simulationsverfahren.
- ◆ Vorteile bringt die DIN V 18599 nur dadurch, dass sie als Berechnungsverfahren in der EnEV verwendet wird und sich somit auch die Energie-Niveaus bzw. prozentuale Unterschreitung des Neubau-Niveaus, die bei einer Sanierung als Zielvorgabe angestrebt werden können, gut darstellen lassen.

b) Ergebnisse der Schulen:

Aus den Berechnungsergebnissen wurden die Energieeinsparungen (Primärenergie und Endenergie) für jedes Gebäude und jedes erreichbare Energie-Niveau ermittelt. Aus den Endenergieeinsparungen bezogen auf den tatsächlichen Verbrauch wurden die CO₂-Einsparungen und die Rentabilität als Maß für die Wirtschaftlichkeit berechnet.

Die ermittelten Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt und kurz beschrieben. Aus den Ergebnissen werden Sanierungs-Empfehlungen abgeleitet.

Schule	zul Qp (kWh/ m²a)*	ist Qp (kWh/ m²a)	zul Ht (W/m²K)*	ist Ht (W/m²K)	ist Wärmeverbrauch (MWh/ a)	ist(kWh/ m²a)	nach BKI Heizwärmebedarf (MWh/ a)	EIKI kWh/ m²a)
Hellbergschule Brombach	276,8	262,6	0,96	1,442	486,07	136,56	948,84	264,63
Hebelgymnasium Lörrach	132,90	97,90	0,7	1,328	534,52	150,00	597,65	112,15
Grundschule Salzer	250,7	253,0	0,65	0,628	179,16	92,63	273,24	141,27
Grundschule Lörrach Tumringen	181,1	284,2	0,81	1,004	85,5	78,90	175,09	161,57
Astrid Lindgren Schule Hauingen	299,6	422,5	0,68	1,229	363,87	147,40	716,64	290,30
Fridolinschule Lörrach Stetten	188,8	309,9	0,72	1,254	317,08	94,57	521,34	155,49
Grundschule Hebelschule Lörrach	259,3	326,4	0,79	0,84	296,28	112,37	415,18	157,46
Haupt/ Grund/ Technikzentrum Zell	191,2	239,3	0,93	1,05			732,39	164,91
Montfort Realschule Zell	241,8	218,6	1,19	0,72	811,28**	87,97**	520,12	108,78
**Wärmeverbrauch beider Schulen								
*zul.Qp und Ht zur Erfüllung des EnEV Nachweises Nichtwohngebäude								

Tabelle 1: Übersicht der Werte des Ist-Zustands der untersuchten Schulen und der zugehörigen Grenzwerte nach EnEV 07 für Neubauten (die Grenzwerte nach EnEV 07 sind individuelle Werte für das jeweilige Gebäude).

Bei einigen Gebäuden werden bereits erneuerbare Energien (Holzpellets, Holzhackschnittel, Erdwärme) zur Beheizung verwendet. Dadurch werden teilweise schon die Neubau-Anforderungen der EnEV 07 für den Primärenergiebedarf erfüllt. (Hebelgymnasium Lörrach, Hellbergschule Brombach, Montfort-Realschule Zell). Die Unterschreitungen sind jedoch gering, so dass für die weitergehenden Sanierungsniveaus noch ausreichend Potenzial vorhanden ist.

Erreichbare Sanierungsniveaus:

Pos.	Name	EnEV-Neubau	Neubau -30% (Niedrig- energiehaus)	Neubau -40% (Passivhaus)	Neubau -55% (3-Liter-Haus)
1	Hellbergschule Lörrach	bereits erreicht	ja	ja	
2	Hebelgymnasium Lörrach	bereits erreicht	bereits erreicht	ja	ja
3	Grundschule Salzert (Lörrach)	bereits erreicht	ja	ja	
4	Grundschule Tumringen (Lörrach)	ja	ja	ja	
5	Grundschule Hauingen (Lörrach)	ja	ja	ja	ja
6	Fridolinschule Lörrach	ja	ja	ja	
7	Hebelschule Lörrach	ja	ja	ja	
8	Johann-Faller- Förderschule Zell i. W.	ja	ja	ja	
9	Realschule mit Stadthalle Zell i. W.	bereits erreicht	ja		

Tabelle 2: Übersicht über die technisch und wirtschaftlich erreichbaren Sanierungsniveaus

Bezogen auf den Primärenergiebedarf kann in jedem Fall das Niedrigenergiehausniveau auf Basis der EnEV 07 erreicht werden. Dieses Niveau entspricht dem Neubau-Niveau nach EnEV 09 ab Oktober 2009. In rund 90% der Fälle kann auch Passivhausstandard erreicht werden, während das Niveau des 3-Liter-Hauses nur in zwei Fällen (rund 20%) erreicht werden konnte.

Vermutlich kann der Passivhausstandard sogar in allen Fällen erreicht werden. Dass die Realschule Zell diesen Standard nicht erreicht hat, lag daran, dass eine Optimierung der vorhandenen Erdwärmepumpe wegen des zu großen zusätzlichen Berechnungsaufwands im Rahmen dieser Studie nicht rechnerisch berücksichtigt werden konnte. Generell können nach der Umsetzung von Wärmedämmmaßnahmen die Vorlauftemperaturen im Heizungsnetz gesenkt werden, wodurch sich ein besserer COP-Wert der Wärmepumpe ergibt. Die genaue Ermittlung der reduzierten Vorlauftemperatur für das gesamte Heizungsnetz ist jedoch sehr aufwendig. Mit dem Simulationsprogramm DK-Integral wurde in erster Näherung für optimale Bedingungen eine mögliche Reduzierung der Vorlauftemperatur um 10°C ermittelt. Dies stellt den Maximalwert dar. Damit würde der Strombedarf der Wärmepumpe um ca. 30% sinken und auch an der Realschule der Passivhausstandard möglich sein.

Es wird deutlich, dass auch bei Nutzung regenerativer Energien und massiven Wärmedämmmaßnahmen in der Sanierung der Passivhausstandard nur selten unterschritten werden kann. Die vorhandene Bausubstanz verhindert in den meisten Fällen, dass weitergehende Energiekonzepte umgesetzt werden können. Die Energieniveaus 3-

Liter-Haus oder Null-Energie-Haus werden daher wohl hauptsächlich dem Neubau vorbehalten sein.

In Objekten, die bereits überwiegend mit erneuerbaren Energien beheizt werden, wird das Neubau-Niveau schon im Ist-Zustand erreicht, das Hebelgymnasium erreicht sogar das Niedrigenergiehaus-Niveau. Wird nur der Primärenergiebedarf betrachtet, ist demnach durch den alleinigen Einsatz erneuerbarer Energien das Neubau-Niveau sicher und in vielen Fällen auch das Niedrigenergiehaus-Niveau erreichbar. Im Rahmen dieses Projekts wurden jedoch in den Sanierungsvarianten zuerst Maßnahmen an der Gebäudehülle eingesetzt, bevor die Technik geändert wurde. Eine neue Pelletheizung wurde z.B. in der Fridolinschule eingesetzt, die ohne Pelletkessel nur das Neubau-Niveau erreicht hätte. Daraus kann gefolgert werden, dass in ungünstigen Fällen bei einer Sanierung eine gute Wärmedämmung allein nicht ausreicht, um das Niedrigenergiehaus-Niveau zu erreichen. Zum Erreichen des Passivhaus-Niveaus führt nur eine Kombination aus guter Wärmedämmung und Nutzung regenerativer Energien zu wirklich guten Sanierungsergebnissen. In einigen Fällen ist darüber hinaus auch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erforderlich.

Als anzustrebendes Sanierungsniveau für Schulen bietet sich aufgrund dieser Betrachtungen das Passivhaus-Niveau an. Man muss dabei jedoch darauf achten, dass die erforderlichen Maßnahmen auch in der Praxis leicht umgesetzt werden können. Beim nachträglichen Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung können im Gebäudebestand gelegentlich Schwierigkeiten auftreten, so dass dadurch gegebenenfalls das Sanierungsziel korrigiert werden muss.

Bezogen auf die EnEV 09 entspricht das Passivhaus-Niveau einer Unterschreitung des Neubau-Niveaus beim Primärenergiebedarf um etwa 15%.

Wirtschaftlichkeit der Sanierungsniveaus:

Pos.	Name	EnEV-Neubau	Neubau -30% (Niedrig- energiehaus)	Neubau -40% (Passivhaus)	Neubau -55% (3-Liter-Haus)
1	Hellbergschule Lörrach	bereits erreicht	3,7	3,7	
2	Hebelgymnasium Lörrach	bereits erreicht	bereits erreicht	2,6	2,2
3	Grundschule Salzert (Lörrach)	bereits erreicht	2,3	2,5	
4	Grundschule Tumringen (Lörrach)	3,2	4,5	4,2	
5	Grundschule Hauingen (Lörrach)	6,0	5,5	5,1	5,1
6	Fridolinschule Lörrach	4,1	4,3	4,3	
7	Hebelschule Lörrach	2,3	3,3	3,3	
8	Johann-Faller- Förderschule Zell i. W.	4,3	2,7	2,6	
9	Realschule mit Stadthalle Zell i. W.	bereits erreicht	1,0		

Tabelle 3: Übersicht über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Sanierungsvarianten auf der Basis des Rentabilitätsfaktors

Grundsätzlich ist die Wirtschaftlichkeit wie folgt einzuschätzen:

- ◆ Eine Rentabilität zwischen 2,0 und 3,0 kann als vertretbar angesehen werden.
- ◆ Eine Rentabilität zwischen 3,0 und 5,0 ist gut.
- ◆ Eine Rentabilität über 5,0 ist sehr gut, da die meisten Maßnahmen eine Nutzungsdauer von deutlich mehr als 20 Jahren haben.

Die beste Wirtschaftlichkeit ergibt sich bei der Grundschule Hauingen sowie bei der Fridolinschule und der Grundschule Tumringen.

Schulen mit schlechtem Ist-Zustand (Hüllfläche und Technik) erzielen i.d.R. die besten Renditen, da hier viel Energie eingespart werden kann, die Investitionskosten aber nur geringfügig höher sind als bei einem besseren Ist-Zustand (siehe Vergleich 2. Hebelgymnasium mit 5. Hauingen). Ähnlich verhält es sich bei den CO₂-Einsparungen.

Auch zeigt sich bei den Sanierungsvarianten mit wenigen Maßnahmen durch die geringeren Investitionskosten in den meisten Fällen eine geringfügig bessere Wirtschaftlichkeit. Dies ist jedoch nicht durchgängig. So haben bei der Grundschule Salzert, der Grundschule Tumringen und der Hebelschule in Lörrach die zurückhaltendsten Sanierungsvarianten die schlechteste Rendite. Mit Ausnahme der Realschule Zell, die aufgrund der guten Ausgangsbasis nur mit hohem Aufwand saniert werden kann, liegt die Wirtschaftlichkeit aller anderen Schulen bei Sanierung auf Passivhaus-Niveau über 2,5. Einmal kann dabei die Wirtschaftlichkeit als sehr gut bezeichnet werden, viermal als gut und dreimal als vertretbar. Die anderen Sanierungsniveaus ergeben aus wirtschaftlicher Sicht keine nennenswerten Vorteile gegenüber dem Passivhaus-Niveau.

CO2-Bilanz der Sanierungsniveaus:

Pos.	Name	CO2-Faktor [kg/MWh]	EnEV-Neubau	Neubau -30% (Niedrigenergiehaus)	Neubau -40% (Passivhaus)	Neubau -55% (3-Liter-Haus)
1	Hellbergschule Lörrach	74	0,0	11,6	11,6	
2	Hebelgymnasium Lörrach	68	0,0	0,0	13,5	19,7
3	Grundschule Salzert (Lörrach)	254	0,0	13,7	41,4	
4	Grundschule Tumringen (Lörrach)	254	8,7	21,7	21,7	
5	Grundschule Hauingen (Lörrach)	254	36,7	57,3	88,1	88,1
6	Fridolinschule Lörrach	254	44,7	75,8	75,8	
7	Hebelschule Lörrach	254	16,8	70,7	70,7	
8	Johann-Faller-Förderschule Zell i. W.	220	22,6	48,5	63,5	
9	Realschule mit Stadthalle Zell i. W.	220	0,0	23,8		

Tabelle 4: CO2-Einsparungen in Tonnen pro Jahr

Zur Ermittlung der CO2-Einsparungen wurden aus der BKI-Software die prozentualen Endenergieeinsparungen der Sanierungsvariante gegenüber dem Ist-Zustand entnommen, auf den tatsächlichen Verbrauch angeglichen (siehe unten: „Ergebnisse der Einzelgebäude“) und diese mit den entsprechenden CO2-Faktoren multipliziert. Bei Umstellung auf Holzpellets wurde zusätzlich eine CO2-Einsparung von 225 kg/MWh für den Restenergiebedarf berücksichtigt.

Die CO2-Einsparungen sind bei der Sanierung auf 3-Liter-Haus-Niveau an der Grundschule Hauingen sowie auf Passivhaus-Niveau an der Fridolinschule und der Hebelschule, bedingt durch den Einsatz einer Holzpellettheizung, mit Abstand am größten. Schulen, die bereits erneuerbare Energien einsetzen und damit eine geringe spezifische CO2-Erzeugung haben (Hellbergschule und Hebelgymnasium), können erwartungsgemäß nur noch wenig CO2 einsparen.

Bei der CO2-Bewertung der Energieniveaus ist zu beachten, dass mit einzelnen Maßnahmen auch Niveaus „übersprungen“ werden können, wenn diese Maßnahmen besonders viel CO2 einsparen (z.B. Grundschule Hauingen, Fridolinschule, Hebelschule). Wird dies berücksichtigt, so ergibt sich die größte CO2-Einsparung (Differenz zwischen zwei Niveaus) zwischen Niedrigenergiehaus-Niveau und Passivhaus-Niveau. Zwischen Ist-Zustand und Neubau-Niveau ergibt sich die zweitgrößte Differenz. Das 3-Liter-Haus-Niveau bringt dagegen kaum noch CO2-Einsparungen.

Es kann daraus gefolgert werden, dass aus Klimaschutzgründen zunächst einmal überhaupt saniert werden sollte und sich die optimalen CO2-Einsparungen bei Sanierung auf Passivhaus-Niveau ergeben.

Ergebnisse der Einzelgebäude:

Pos.	Name	Energieverbrauch Wärme [MWh/a]	Primärenergieeinsparung bezogen auf Verbrauch [MWh/a]	Endenergieeinsparung bezogen auf Verbrauch [MWh/a]	Wirtschaftlichkeit Rentabilität [%]	CO2-Einsparung [Tonnen/a]	Sanierungs-Niveau	Investitionskosten geschätzt [€]
1	Hellbergschule Lörrach	490	221,3	156,8	3,7	11,6	Neubau -40% (Passivhaus)	828.000
2	Hebelgymnasium Lörrach	540	199,7	291,6	2,2	19,7	Neubau -55% (3-Liter-Haus)	890.000
3	Grundschule Salzert (Lörrach)	180	80,6	30,6	2,5	41,4	Neubau -40% (Passivhaus)	715.000
4	Grundschule Tumringen (Lörrach)	90	59,7	51,3	4,2	21,7	Neubau -40% (Passivhaus)	342.000
5	Grundschule Hauingen (Lörrach)	370	255,2	166,5	5,1	88,1	Neubau -55% (3-Liter-Haus)	1.000.000
6	Fridolinschule Lörrach	320	215,9	131,2	4,3	75,8	Neubau -40% (Passivhaus)	987.000
7	Hebelschule Lörrach	300	170,2	111,0	3,3	70,7	Neubau -40% (Passivhaus)	993.000
8	Johann-Faller-Förderschule Zell i. W.	380	196,3	288,8	2,6	63,5	Neubau -40% (Passivhaus)	1.447.000
9	Realschule mit Stadthalle Zell i. W.	450	105,8	108,0	1,0	23,8	Neubau -30% (Niedrigenergiehaus)	1.078.000

Tabelle 5: Zusammenstellung der Ergebnisse für die jeweils beste Sanierungsvariante jeder Schule

Bei der Zusammenstellung der Ergebnisse der Einzelgebäude wurden die jeweils höchsten erreichten Sanierungsniveaus herangezogen. Dabei wurde eine Bewertung von Primärenergieeinsparung, Endenergieeinsparung, Wirtschaftlichkeit und CO₂-Einsparung im Vergleich der Gebäude zueinander vorgenommen. Die jeweils besten Objekte in der jeweiligen Kategorie sind dunkelgrün, die Objekte mit mittleren Werten hellgrün und die Objekte mit den geringsten Werten gelb markiert. Es zeigt sich, dass bei einer kommunalen Sanierungsplanung die Astrid-Lindgren-Grundschule Hauingen und die Fridolinschule zuerst saniert werden sollten, gefolgt von der Hebelschule und der Hellbergschule. Die geschätzten Kosten für diese Sanierungen liegen zwischen 830.000 € und 1.000.000 € je Schule. In Zell bietet sich vorrangig die Johann-Faller-Förderschule für die Sanierung an. Die geschätzten Kosten liegen hier bei rund 1.450.000 €.

Sanierungs-Empfehlungen:

Bei der Sanierungsplanung ist zu beachten, dass in der Grundschule Hauingen die Heizungsanlage noch relativ neu ist und daher erst in mehreren Jahren erneuert werden kann. In diesem Fall kann zunächst eine Sanierung ohne Heizungserneuerung auf Niedrigenergiehaus-Niveau erfolgen, was lediglich bei den CO₂-Einsparungen zu merklich niedrigeren Werten führt. In der Gesamtbilanz bietet sich die Grundschule Hauingen daher auch ohne Heizungserneuerung als vorrangiges Sanierungsobjekt an.

Bei der Fridolinschule besteht noch ein gültiger Wärmeliefervertrag, so dass die Heizungserneuerung erst mit Ablauf der Vertragsdauer erfolgen kann. Die Fridolinschule erreicht jedoch ohne Heizungserneuerung nur das Neubau-Niveau. Ebenfalls ist es fraglich, ob ein Wärmedämmverbundsystem an der Fassade möglich ist, so dass hier die Sanierung zunächst bis zum Ablauf des Wärmeliefervertrages zurückgestellt werden sollte.

Es empfiehlt sich, alle Schulen auf das Niveau 40% unter EnEV 07-Neubau zu sanieren, da dieses Niveau an diesen Schulen erreicht werden kann. Für die Schulen in Lörrach bieten sich vorrangig die Astrid-Lindgren Grundschule Hauingen (zunächst ohne Heizungssanierung), die Hebelschule, die Hellbergschule und die Fridolinschule für eine Sanierung an, in Zell die Johann-Faller-Förderschule.

3. Problemstellen

Wie bereits bei der Projektbeschreibung dargestellt, ergab sich ein grundsätzliches Problem mit der Definition der Sanierungsniveaus. Das Festhalten an den gängigen Niveaus mit dem Primärenergiebedarf und dem Transmissionswärmeverlust als Anforderungsgrößen aus der EnEV, den aus den KfW-Förderungen des Wohnungsbaus entnommenen Maximalwerten für den Primärenergiebedarf (40 bzw. 60 kWh/m²a) sowie der Heizenergiebedarf als Nachweisgröße für ein Passivhaus waren gemeinsam nicht sinnvoll darstellbar. Da der Primärenergiebedarf tendenziell auch die Größe der CO₂-Emissionen abbildet, wurde aus Vereinfachungsgründen und zur besseren Auswertbarkeit und Bearbeitbarkeit des Projekts der Primärenergiebedarf als alleinige Nachweisgröße für das Erreichen der Energie-Niveaus angesetzt.

Im Rahmen des Projekts konnten aufgrund des bereits großen Berechnungsaufwands keine Detailplanungen durchgeführt werden. Die Umsetzbarkeit der einzelnen Maßnahmen wurde zwar grob geprüft, es können sich jedoch bei der Ausführungsplanung Probleme ergeben, die dazu führen, dass einzelne Maßnahmen nicht umsetzbar sind. Dies betrifft insbesondere folgende Punkte:

- ◆ Verlegung von Lüftungskanälen bzw. -leitungen
- ◆ Statische Berechnungen
- ◆ Denkmalschutzrechtliche Auflagen

Das Verfahren der DIN V 18599 für Nichtwohngebäude offenbart trotz großer Komplexität noch zahlreiche Schwachstellen:

- ◆ Lange Leitungslängen, die aus den Gebäudemmaßen abgeleitet werden, führen zu unrealistischen Leitungsverlusten.
- ◆ Lüftungsanlagen werden in der DIN V 18599 zu schlecht bewertet, da dort eine Reduzierung der Lüftungswärmeverluste nur unzureichend berücksichtigt wird. Dies entspricht nicht den tatsächlichen Gegebenheiten und führt aufgrund des hohen Primärenergiefaktors für Strom in den meisten Fällen zu einer Erhöhung des Primärenergiebedarfs.
- ◆ In den Nutzerprofilen sind z.T. unrealistische Werte hinterlegt. So wird bei der Turnhallennutzung z.B. eine Raumtemperatur von 21°C zugrundegelegt, wodurch ein Mehrbedarf von ca. 20% generiert wird. Auch der 6-fache Luftwechsel für den mechanischen Außenluftstrom ist bei den hier untersuchten kleinen Turnhallen mit überwiegender Schulsportnutzung deutlich zu hoch angesetzt. Die Schulen ohne Turnhallen (Hebelgymnasium, Grundschule Tumringen) haben daher auch deutlich niedrigere Grenzwerte.
- ◆ Die Grenzwerte für den zulässigen Primärenergiebedarf variieren trotz ähnlicher Gebäudestrukturen um ca. 50%. Hier hat zum Beispiel das Oberflächen – Volumenverhältnis der Gebäude einen großen Einfluss auf den Grenzwert. Damit kann allein anhand des Primärenergiebedarfs kein Vergleich der Gebäude untereinander erfolgen. Eine Auswertung ist hier nur durch Vergleich der prozentualen Unterschreitung dieser Werte möglich.

4. Weitere Planung und Detailinformationen

Die Ergebnisse des Projekts sollen zunächst intern den Schulen vorgestellt werden. Anschließend sollen die Ergebnisse in einer Informationsveranstaltung Ende 2009 an andere Kommunen weitergegeben werden.

Für die Umsetzung der Sanierungen sind verschiedene öffentliche Förderprogramme von Land und Bund zu prüfen und ggf. Förderanträge zu stellen.

Details können dem Projektbericht des Ingenieur-Büros Delzer Kybernetik entnommen werden.

5. Fazit

a) Einsetzbarkeit der DIN V 18599

Aus heutiger Sicht ist eine integrale Planung für das Gesamtgebäude und die Haustechnik mit der aktuellen DIN V 18599 und deren Umsetzung nur begrenzt möglich.

Die DIN V 18599 weist trotz hoher Komplexität noch zahlreiche Schwachstellen auf.

Die DIN V 18599 lässt sich nur als grobes Hilfsmittel mit hohem Bearbeitungsaufwand in der Sanierungsplanung verwenden, die Ergebnisse sind ungenau und mit den Praxiserfahrungen aus der Sanierung nicht immer nachvollziehbar.

Sanierungsempfehlungen können aus den mit der DIN V 18599 ermittelten Ergebnissen abgeleitet werden, wenn nicht allein auf den Primärenergiebedarf abgestellt wird, sondern zusätzlich der Endenergiebedarf und die CO₂-Einsparungen in die Betrachtung einbezogen werden und ein Abgleich mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten erfolgt. Es ist also eine weitere Auswertungsstufe erforderlich, in der die Ergebnisse zusammengefasst werden müssen.

Die Ungenauigkeit der DIN V 18599 erfordert, dass die Ergebnisse nochmals hinterfragt und auf Plausibilität überprüft werden müssen.

Durch die Vielzahl zusätzlicher Auswertungs- und Prüfungsstufen erhöht sich der Arbeitsaufwand beim Einsatz der DIN V 18599 in der integralen Sanierungsplanung erheblich.

Vorteile bringt die DIN V 18599 durch ihre Abstimmung auf die EnEV und die aus der EnEV abgeleiteten Energie-Niveaus bzw. prozentuale Unterschreitung des Neubau-Niveaus, die bei einer Sanierung als Zielvorgabe angestrebt werden können.

b) Ergebnisse an den Schulen

Bei den Schulen hat sich gezeigt, dass eine Sanierung in fast allen Fällen zu empfehlen ist, selbst wenn der Primärenergiebedarf bereits die Neubau-Anforderungen erfüllt.

Das bei einer Sanierung anzustrebende Energie-Niveau ist eine Unterschreitung der Neubau-Anforderungen an den Primärenergiebedarf nach EnEV 07 um 40%. Dies entspricht ungefähr dem Passivhausstandard.