

Building Airtightness Standards

P.J. Jackman, M.W. Liddament, Air Infiltration Centre

Introduction

Heat loss from buildings continues to represent a substantial proportion of the prime energy consumed in many countries. As measures to upgrade the thermal performance of buildings proceed, air infiltration and ventilation account for an increasing segment of the space heating (or cooling) load. It is primarily for this reason that airtightness controls are beginning to form part of the building codes and recommendations in a number of countries.

In addition to increasing the potential for energy conservation, more airtight construction or retrofit techniques can also contribute to a comfortable, draught-free environment. On the debit side, however, excessive airtightness may result in a serious deterioration in indoor air quality. Consequently, it is of paramount importance that these measures are introduced with the utmost caution.

The lead in the introduction of airtightness standards has been taken by those countries which have the more severe climates and have been particularly vulnerable to the effects of increase in the price of oil. In others, airtightness standards have recently been, or are currently being, developed.

This article reviews the existing standards of the AIC participating countries and comments on the factors that should be taken into account in the application and future development of airtightness requirements. It is based on papers presented by the authors at the 5th AIC Conference, 1-3 October 1984, Reno, Nevada, USA.^{1,2}

Current Airtightness Requirements

Whole Building

Currently Norway and Sweden are the only countries that have recommendations for the airtightness of whole buildings, although there are proposals being discussed in Canada and USA on this subject.^{3,4}

Tabulated summaries of the Norwegian and Swedish requirements are given below:

Norwegian Building Regulations*

Building type	Airchange rate/hr at 50 Pa
Single family dwellings	4
Buildings up to two floors	3
Buildings exceeding two floors	1.5

Swedish Building Code

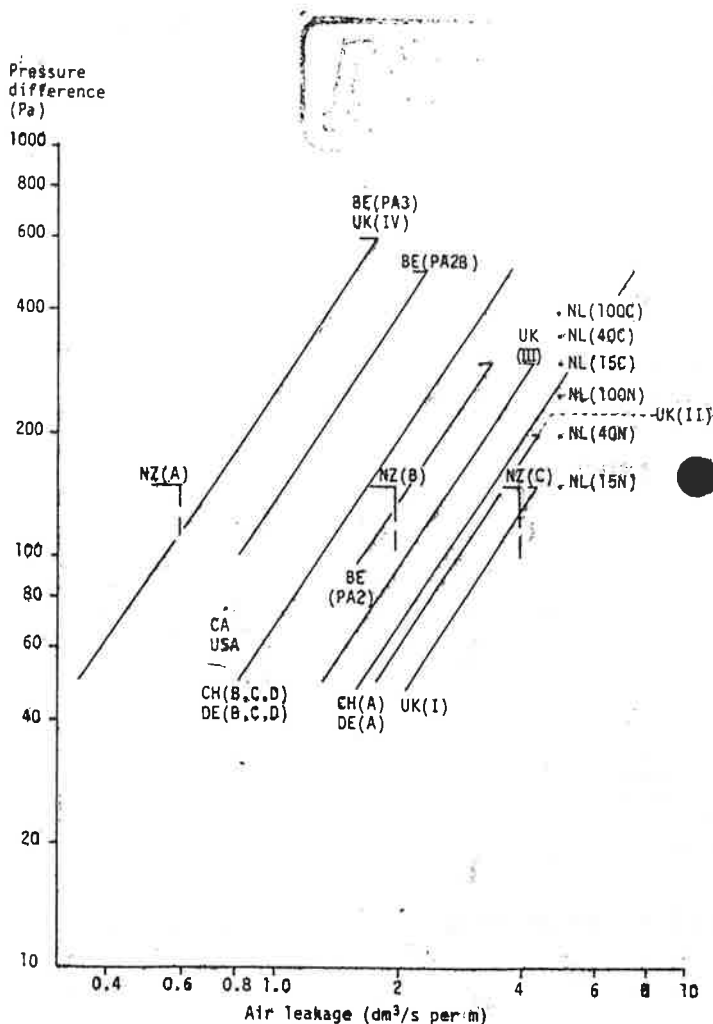
Building type	Airchange rate/hr at 50 Pa
Freestanding single-family houses and linked houses	3
Other residential buildings of not more than two storeys	2
Residential buildings of three or more storeys	1

The Swedish specifications are the more stringent.

*A list of standards to which reference is made is given at the end of this article.

Windows

The standards of several countries specify the maximum allowable leakage of windows with some grading according to application. In others, a leakage classification system is detailed but with no reference to acceptability for particular uses.

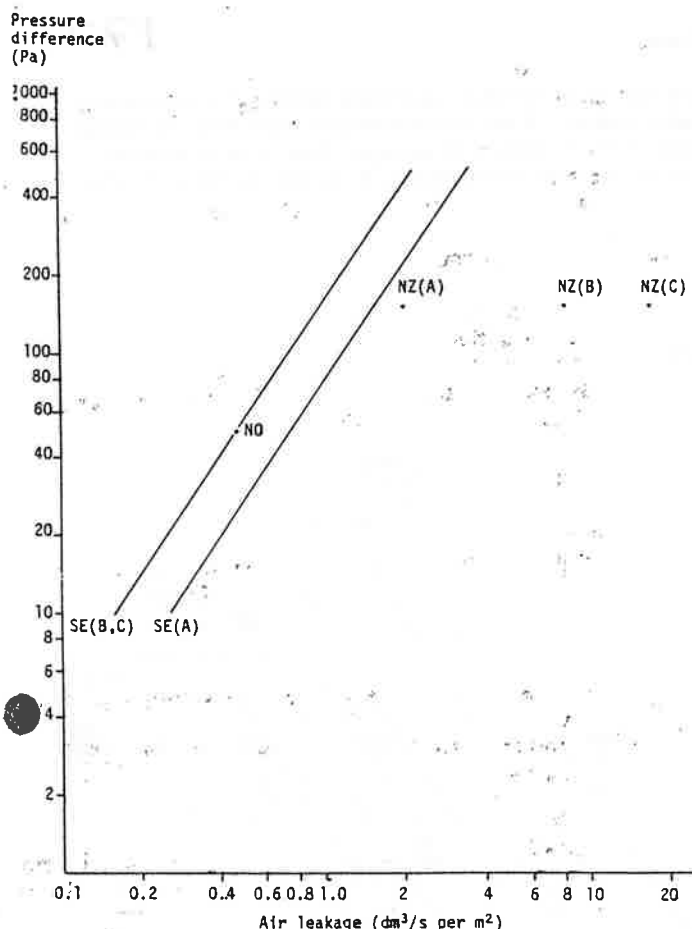


KEY

BE = Belgium
CA = Canada
CH = Switzerland
DE = Germany
NL = Netherlands
NZ = New Zealand
UK = United Kingdom
USA = United States of America

Figure 1: Window air leakage rates – per m joint length

Most standards specify the leakages in relation to unit length of the opening joint while a few specify them in terms of unit window area. Thus direct comparison of all the standards is not possible. However, comparison has been made in each of the two forms by plotting the allowable leakage values in Figures 1 and 2. The plot of leakages expressed per metre of joint length show, surprisingly, that the highest classifications are to be found in countries having relatively mild climates, i.e. Belgium, New Zealand and UK. The high Scandinavian standards are evident in the other figure where they are compared with the New Zealand classifications which are expressed in both forms.



KEY:
NO = Norway
NZ = New Zealand
SE = Sweden

Figure 2: Window air leakage rates – per m² window area

Doors

Canada: 'Measures for energy conservation in new buildings'

The following maximum air leakage rates at a pressure differential of 75 Pa are specified for doors separating heated spaces from unheated spaces or the exterior.

Manually operated sliding doors	2.5 dm ³ /s per m ² of door area
Swing doors (residential)	6.35 dm ³ /s per m ² of door area
Other types	17.0 dm ³ /s per m ² of door crack

Norway: Norwegian Building Regulations

External doors are required to comply with the same requirements for airtightness as windows, i.e. 1.7 m³/h m² (0.47 dm³/s m²).

Sweden: Swedish Building Code SBN 1980

Same classification is given for external doors and windows.

USA: ASHRAE Standard 90-80

Maximum air leakage rates at a pressure differential of 75 Pa are specified as follows:

Sliding glass doors (residential)	2.5 dm ³ /s per m ² of door area
Entrance swinging doors (residential)	6.35 dm ³ /s per m ² of door area
Swinging, revolving, sliding doors for other than residential use	17.0 dm ³ /s per linear metre of door crack

These criteria are similar to those of Canada.

Building Sections

Leakage criteria for sections of buildings exposed to outdoors are only found in the following Scandinavian standards.

Norway: Norwegian Building Regulations

The maximum air leakage at a pressure difference of 50 Pa is specified as 0.4 m³/h m² (0.11 dm³/s m²) for individual external building sections, i.e. external walls, ceilings and floors.

Sweden: Swedish Building Code SBN 1980

The maximum air leakage for various building sections is specified as follows:

	Pressure difference Pa	Maximum air leakage m ³ /h m ² (dm ³ /s m ²) in building height (number of floors)		
		1-2	3-8	>8
Exposed walls	50	0.4 (0.11)	0.2 (0.056)	0.2 (0.056)
Roof and joist structures exposed to outdoors next to ventilated space	50	0.2 (0.056)	0.1 (0.028)	0.1 (0.028)

Factors Influencing Airtightness Requirements

In formulating airtightness standards many factors need to be considered. These include climate, the sources and severity of indoor pollution, ventilation requirements, existing practices, cost and the overall impact of such controls on energy conservation. Requirements also vary according to building use. Airtightness and ventilation needs are therefore extremely diverse and hence solutions appropriate to one particular building or climatic region may not necessarily be satisfactory elsewhere. It is therefore essential that the concepts and implications of building airtightness are thoroughly explored before the introduction of such standards. Most importantly, airtightness and ventilation should not be approached in isolation but need, instead, to be considered in context with other energy conservation measures. The durability of components used to achieve the desired standard also needs to be verified, since any deterioration in the product will result in a long-term failure to achieve the desired level of energy conservation.

Airtightness Standards

Belgium:

STS 52.0

External joinery – general principles

INL Draft 1983

Canada:

Measures for energy conservation in new buildings

Associate Committee on the National Building Code

National Research Council of Canada, No. 16574, Ottawa, 1978

Federal Republic of Germany:

DIN 18055

Windows: Air permeability of joints and driving rain (water tightness) protection. Requirements and testing
German Standards Institute (DIN), 1981.

Netherlands:

NEN 3661

Windows: Air permeability, water tightness, rigidity and strength. Requirements

Netherlands Standards Institute (NNI), 1975

New Zealand:

NZS 4211:1979

Specification for performance of windows
Standards Association of New Zealand, 1979

Norway:

Chapter 54. Thermal insulation and airtightness (revised 1980)

Building Regulations of 1 August 1969

Royal Ministry of Local Government and Labour

Sweden:

Chapter 33. SBN 1980. Thermal insulation and airtightness

Swedish Building Code with Comments

National Swedish Board of Physical Planning and Building (1981)

SIS 81 81 03

Windows. Classification with regard to function
Swedish Standards Commission, 1977

Switzerland:

SIA 180 1

Thermal insulation of buildings in winter

Swiss Engineering and Architectural Association, 1980

United Kingdom:

BS 6375: Part 1:1983

Performance of windows. Part 1: Classification for weather tightness

British Standards Institution, 1983

United States of America:

ASHRAE Standard 90-80

Energy conservation in new building design

The American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers Inc., 1980

References

1. Jackman, P.
Review of building airtightness and ventilation standards
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3 October 1984.
2. Liddament, M.
Implications and analysis of airtightness and ventilation standards
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3 October 1984.
3. Sherman, M.
Description of ASHRAE's proposed airtightness standard
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3 October 1984.
4. Haysom, J.
Airtightness standards for buildings – the Canadian experience
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3 October 1984.
5. Elmroth, A., Levin, P.
Air infiltration control in housing – a guide to international practice
Air Infiltration Centre, UK and Swedish Council for Building Research, Document D2:1983.

There are essentially two approaches to building airtightness. The first is to follow an almost total airtightness policy in which separate provision is made to satisfy ventilation needs by mechanical means. The second method is to introduce limited airtightness measures such that passive ventilation is sufficient to meet most needs. The former technique offers good control over air change rates, so providing an opportunity to benefit from the full value of air infiltration reduction techniques. Its main disadvantage is that system expense and additional construction costs are high. Furthermore it is essential that the design airtightness is maintained throughout the life of the building. By comparison, the partial airtightness approach, incorporating natural ventilation involves a much smaller increase in expenditure. In addition, a margin of natural leakage ensures a certain degree of safety, while at the same time excessive rates of air infiltration are minimised. However, the latter technique does not offer the same degree of energy conservation as the former.

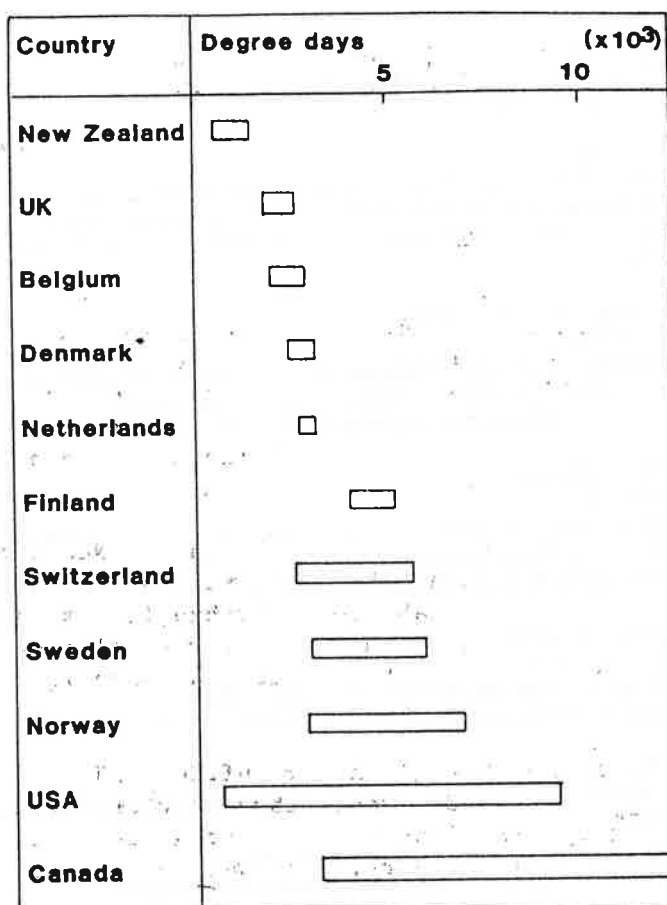
For energy investigations, the severity of climate is frequently quantified in terms of degree days, where a degree day is the number of degrees of temperature difference on any one day between a given base temperature and the corresponding daily mean outside air temperature. Unfortunately there is no international agreement on base temperature, although it is normally regarded as the external temperature below which space heating is required. Typical values of both base temperature and design indoor temperature for dwellings, taken from the AIC Handbook⁵ and other sources, are summarised in Table 1. Differences between design room temperature and the temperature at which heating is needed are assumed to be satisfied by incidental gains from solar radiation, building occupants and powered appliances, etc. In the United States the concept of degree days is also used for cooling load calculations where the cooling degree day is given by the number of degrees above a base temperature of 25.5°C. The heating and cooling load degree days are combined to give an 'infiltration' degree day (IDD) for use in air infiltration calculations.⁴

Table 1: Variations in degree day definition

Country	Indoor design temperature (living areas) °C	Base temperature °C
Belgium	20.0	15.0
Canada	21.1	18.0
Denmark	20-21.0	17.0
Finland	20.0	17.0
Netherlands	20.0	18.0
New Zealand	20.0	18.0
Norway	20.0	17.0
Sweden	20.0	17.0
Switzerland	20.0	20.0
United Kingdom	18.3	15.5
USA	20.0	18.3

Typical degree day ranges for several countries are reproduced in Figure 3. This shows values ranging from below 1,000 in parts of New Zealand to above 12,000 in the North of Canada. Despite the lack of uniformity regarding the definition of degree days, this concept nevertheless provides a convenient method for defining an approximate 'climatic threshold' at which specific airtightness and ventilation approaches become effective options.

Such an approach is recommended in proposed United States ASHRAE standards.⁴ In the severest climatic areas of the country a high degree of airtightness is proposed with a consequential need for mechanical ventilation. Elsewhere, progressively less stringent requirements are envisaged according to the value of infiltration degree days.



Approximate range

Figure 3: Degree day ranges for AIC participating countries

Conclusions

Energy conservation cannot be achieved simply by reducing air change rates. Airtightness and ventilation standards must be introduced in conjunction with good building design to ensure that indoor air quality problems are avoided. Actual ventilation needs are dependent on building use, the source and strength of pollutants and local climate. Where stringent airtightness measures have been introduced, purpose provided ventilation is essential. Conversely if mechanical ventilation is installed, airtight construction is essential, otherwise the potential for energy conservation will not be achieved.

It is unlikely that mechanical ventilation alone will offer an energy advantage over a comparable natural ventilation system. Only by combining mechanical ventilation with heat recovery will a reduction in energy usage be possible. However, while heat recovery can be shown to be energy effective, i.e. can offer a considerable reduction in energy demand on a national scale, it is often difficult to justify this approach in terms of cost effectiveness to the consumer. It is possible to make an assessment of the viability of heat recovery by consideration of degree days. Typical installation and operating costs indicate that such a system is viable for single family dwellings over a 20 year payback period for degree days in excess of about 3K - 5K. More precise figures can be readily calculated given details of energy costs, ventilation needs, etc. For larger buildings where the relative cost of the ventilation system is lower in relation to the volume of air handled, this approach is more likely to be a cost effective proposition.

Unless the relative cost of mechanical ventilation can be considerably reduced, natural ventilation will continue to have a dominant role to play in mild climatic areas. By careful design and control over airtightness, a satisfactory balance between costs and energy conservation is possible.

LUFTDURCHLÄSSIGKEITS-NORMEN FÜR GEBÄUDE **

P.J. Jackman, M.W. Liddament, Air Infiltration Centre

EINFÜHRUNG

In vielen Ländern stellen die Wärmeverluste aller Gebäude weiterhin einen wesentlichen Prozentsatz des primären Energieverbrauches dar. Mit der zunehmenden Verbesserung der Wärmedämmung bei bestehenden Gebäuden tritt der durch Luftinfiltration und Ventilation verursachte Teil des Energieverbrauchs immer mehr in den Vordergrund. Deshalb werden in vielen Ländern Bestimmungen über die Luftdurchlässigkeit von Hüllkomponenten oder der gesamten Hülle in die Baunormen und Richtlinien aufgenommen.

Eine dichtere Konstruktion bei Neubauten oder ein nachträgliches Abdichten von bestehenden Gebäuden bietet neben einer rationelleren Energieverwendung auch ein komfortableres, durchzugfreies Raumklima. Andererseits kann ein übermäßiges Abdichten zu einer wesentlichen Verschlechterung der Innenluftqualität führen. Es ist deshalb sehr wichtig, solche Massnahmen nur mit grösster Vorsicht einzuführen.

Normen bezüglich der Luftdurchlässigkeit wurden zuerst von jenen Ländern eingeführt, die wegen ihres härteren Winterklimas besonders unter den Folgen des Erdöl-Preisanstieges litten. In anderen Ländern wurden solche Normen vor kurzer Zeit eingeführt, oder werden erst jetzt in Betracht gezogen.

Der vorliegende Artikel bietet einen Überblick über die existierenden Normen jener Länder, die am AIC-Programm teilnehmen, und einen Kommentar über die Faktoren, die in der Anwendung und zukünftigen Entwicklung von Normen über Luftdurchlässigkeit berücksichtigt werden sollten. Der Artikel stützt sich auf Vorträge an der 5. AIC-Konferenz in Reno, Nevada, USA, von 1. - 3. Oktober 1984 (1,2) ab.

GEGENWÄRTIGE LUFTDURCHLÄSSIGKEITSBESTIMMUNGEN- Gebäudehülle

Gegenwärtig besitzen nur Norwegen und Schweden Richtlinien für ganze Gebäude, obwohl auch in Kanada und USA Vorschläge auf diesem Gebiet diskutiert werden (3,4).

Zusammenfassungen der norwegischen und schwedischen Bestimmungen sind in der folgenden Tabelle enthalten:

Norwegische Baunormen *)	
Gebäudetyp	Luftwechsel bei einem Differenzdruck von 50 Pa [h^{-1}]
Einfamilienhäuser	4
Gebäude mit 1 - 2 Stockwerken	8
Gebäude mit mehr als 2 Stockwerken	1,5

*) Eine Liste aller erwähnten Normen befindet sich am Schluss dieses Artikels

**) Übersetzung aus Air Infiltration Review, Vol. 6, No. 2, Februar 1985

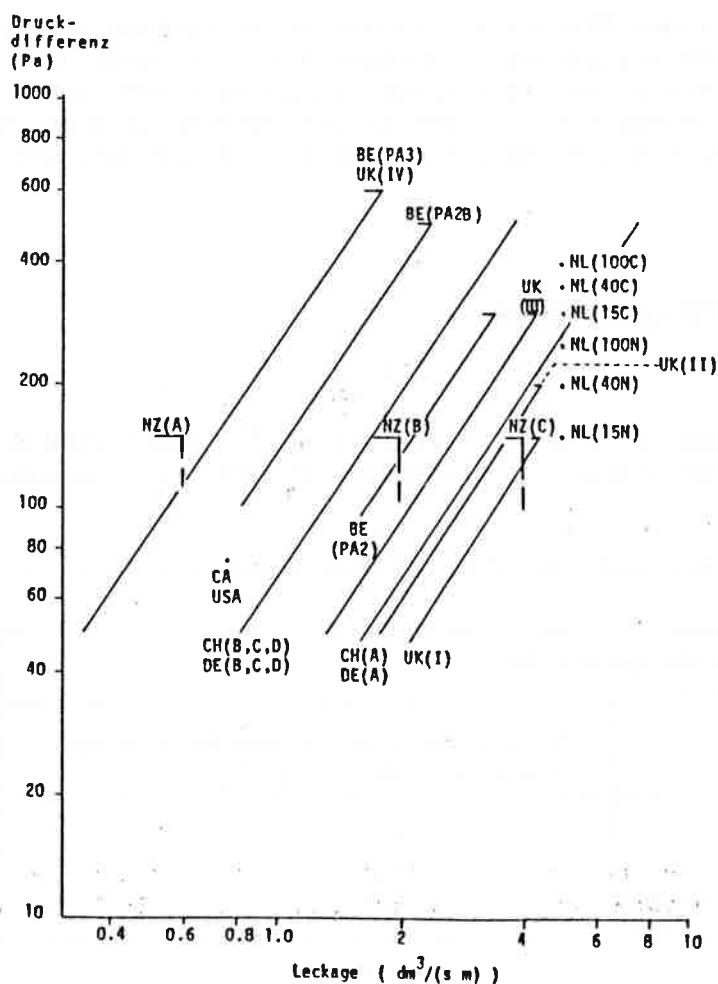
Schwedisches Baugesetz	
Gebäudetyp	Luftwechsel bei einem Differenzdruck von 50 Pa
Freistehende Einfamilienhäuser und Reihenhäuser	3
Andere Wohnhäuser bis zu 2 Stockwerken	2
Wohnhäuser mit 3 oder mehr Stockwerken	1

Die schwedischen Bestimmungen sind demzufolge strenger.

- Fenster

Einige Länder schreiben in ihren Normen die maximal zulässige Leckage von Fenstern vor, mit gewissen Abstufungen je nach Anwendung (z.B. Gebäudehöhe). Andere Länder benützen ein Klassifikationssystem für Leckage, aber ohne direkte Zuweisung für bestimmte Anwendungen.

Abbildung 1: Maximale Fensterleckage pro m Fugenlänge

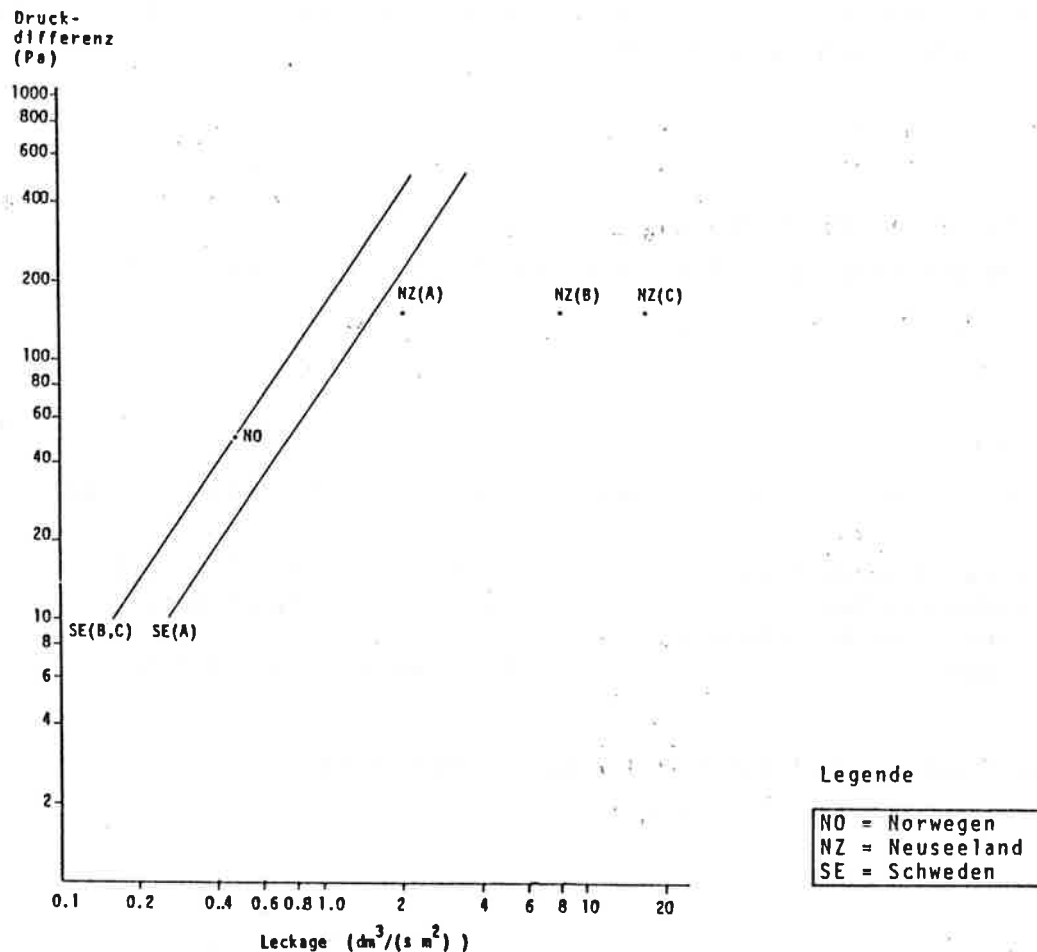


Legende

BE	= Belgien
CA	= Kanada
CH	= Schweiz
DE	= BR Deutschland
NL	= Niederland
NZ	= Neuseeland
UK	= Grossbritannien
USA	= Vereinigte Staaten von Amerika

Die meisten Normen beziehen sich auf die Leckage pro Längeneinheit der Fugen, einige wenige pro Flächeneinheit der Fenster. Deshalb ist ein direkter Vergleich der Normen nicht möglich. Jedoch lässt sich eine gewisse Übersicht dadurch gewinnen, dass man die Normen in Form von zulässigen Leckagewerten darstellt (siehe Abbildungen 1 und 2). Abbildung 1 ist insofern überraschend, als die höchsten Anforderungen in jenen Ländern zu finden sind, die ein relativ mildes Klima haben, d.h. Belgien, Neuseeland und Grossbritannien. Die relativ strikten skandinavischen Anforderungen sind aus der anderen Abbildung zu ersehen, wo sie mit denjenigen von Neuseeland verglichen werden können, welche in beiden Formen vorhanden sind.

Abbildung 2: Maximale Fensterleckage pro m² Fensterfläche



- Türen

In gewissen Ländern werden an Türen und Fenster dieselben Anforderungen gestellt. Wegen unterschiedlicher Darstellung der Anforderungen ist ein Vergleich der nachfolgenden Normen schwieriger.

Kanada:

(aus "Massnahmen für eine rationellere Energieverwendung in neuen Gebäuden")

Die folgenden maximalen Leckageraten gelten für einen Druckunterschied von 75 Pa für jene Türen, die einen geheizten von einem ungeheizten Raum oder von der Aussenluft trennen.

Schiebetüren	2,5 dm ³ /s pro m ² Türfläche
Gewöhnliche Türen (Wohngebäude)	6,35 dm ³ /s pro m ² Türfläche
Andere Typen	17,0 dm ³ /s pro m Türfuge

Norwegen:

Norwegische Baubestimmungen.

Aussentüren müssen den gleichen Leckagebestimmungen wie Fenster genügen, d.h. 1,7 m³/h pro m² (0,47 dm³/s pro m²) bei 50 Pa.

Schweden:

Schwedisches Baugesetz SBN 1980.

Für Aussentüren und Fenster wird die gleiche Klassifikation verwendet.

USA:

ASHRAE Norm 90-80.

Maximale Leckageraten bei einem Druckunterschied von 75 Pa sind wie folgt vorgeschrieben:

Glasschiebetüren (Wohngebäude)	2,5 dm ³ /s pro m ² Türfläche
Aussentüren (Wohngebäude)	6,35 dm ³ /s pro m ² Türfläche
Gewöhnliche, Dreh- und Schiebetüren für andere Gebäude	17,0 dm ³ /s pro m Türfuge

Diese Anforderungen sind gleich wie diejenigen in Kanada.

- Bauteile

Luftdichtigkeitsanforderungen für Teile der Gebäudehülle findet man nur in den folgenden skandinavischen Normen.

Norwegen:

(aus norwegische Baubestimmungen)

Als maximale Leckage bei einem Druckunterschied von 50 Pa sind 0,4 m³/h pro m² (0,11 dm³/s·m²) für einzelne Gebäudeteile z.B. Aussenwände, Decken und Böden vorgeschrieben.

Schweden:

Schwedisches Baugesetz SBN 1980.

Die maximale Leckage für verschiedene Bauteile ist wie folgt vorgeschrieben:

	Druckdifferenz Pa	Maximale Leckage $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ($\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$) für Gebäudehöhen (Anzahl der Stockwerke)		
		1 - 2	3 - 8	>8
Aussenwände	50	0,4 (0,11)	0,2 (0,056)	0,2 (0,056)
Dach und Flachdach- konstruktionen, die an einen belüfteten Raum angrenzen	50	0,2 (0,056)	0,1 (0,028)	0,1 (0,028)

WESENTLICHE FAKTOREN BEI DER FESTLEGUNG VON LUFTDURCHLÄSSIGKEITS-RICHTLINIEN

In der Formulierung von Luftdurchlässigkeits-Bestimmungen müssen viele Faktoren berücksichtigt werden, unter anderem das Klima, Herkunft und Grad der Innenluftverunreinigung, Lüftungsanforderungen, übliche Baumethoden, die Kosten und der Gesamteinfluss neuer Bestimmungen auf den Energieverbrauch. Die Anforderungen variieren auch je nach Gebäudetyp und Nutzung. Luftdurchlässigkeits- und Ventilationsbedürfnisse sind deshalb sehr verschiedenartig, und aus diesem Grunde sind Lösungen, die für ein gewisses Gebäude oder eine bestimmte klimatische Gegend passend sind, nicht unbedingt für ein anderes Gebäude oder eine andere Klimagegend geeignet. Prinzipien und mögliche Auswirkungen von Abdichtungsmaßnahmen müssen deshalb genau erwogen werden, bevor sie in Form von Normen herausgegeben werden. Unter anderem sollten Luftdurchlässigkeits- und Lüftungsanforderungen nicht einzeln betrachtet werden, sondern im Zusammenhang mit anderen Energiesparmaßnahmen. Die Dauerhaftigkeit der in diesem Zusammenhang verwendeten Materialien muss ebenfalls geprüft werden, da jegliche Qualitätsverminderungen bei den Produkten Langzeitfolgen für den Erfolg der Energiesparmaßnahmen haben könnten.

Es gibt im wesentlichen zwei Möglichkeiten das "Luftdurchlässigkeitsproblem" anzupacken. Die Erste besteht darin, eine "fast vollständige Luftdichtigkeit" anzustreben und die Lüftungsanforderungen mechanisch zu befriedigen. Die zweite Möglichkeit besteht darin, nur eine begrenzte Luftdurchlässigkeit einzuführen, sodass die "passive Lüftung" für die meisten Bedürfnisse genügt. Die erste Methode ermöglicht eine gute Beherrschung der Luftwechselraten, sodass die erzielte Reduktion der Luftinfiltration voll ausgenutzt werden kann. Der Hauptnachteil besteht darin, dass ein solches System zusätzliche Baukosten mit sich

bringt. Es ist sehr wesentlich, dass die erzielte geringe Luftdurchlässigkeit des Gebäudes für die ganze Lebensdauer des Gebäudes erhalten bleibt. - Im Vergleich dazu ist die Methode beschränkter "Luftdichtigkeit" mit natürlicher Lüftung viel billiger. Ausserdem bietet die in gewissem Masse stets vorhandene natürliche Leckage eine gewisse Sicherheit, wobei gleichzeitig eine übermässige Luftinfiltration vermieden wird. Immerhin ist zu bedenken, dass diese zweitgenannte Methode nicht den gleichen Grad von Energieersparnis bietet wie die erstere.

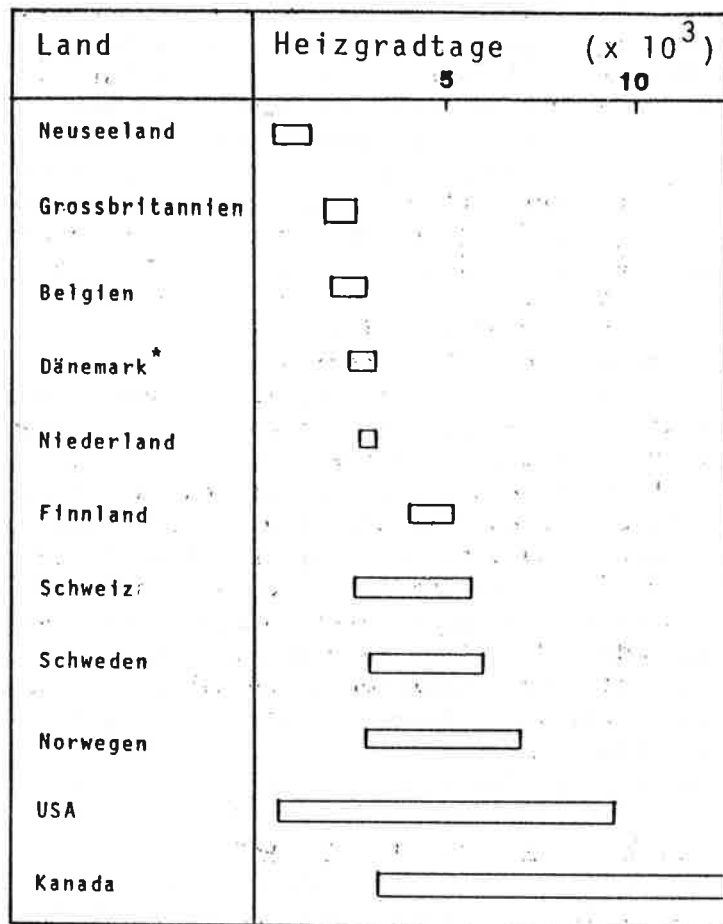
Die "Härte" des Klimas wird für Energiebetrachtungen oft quantitativ in Form von Heizgradtagen ausgedrückt, wobei ein Heizgradtag durch den Temperaturunterschied (in Grad) zwischen einer gewählten Basistemperatur und der entsprechenden mittleren Aussentemperatur für einen gegebenen Tag ausgedrückt wird. Leider gibt es keine internationale Vereinbarung für diese Basistemperatur. Normalerweise wird die Aussentemperatur, unterhalb welcher geheizt werden muss, benützt. Typische Werte der Basistemperatur und der erstrebten Innentemperatur für Wohnhäuser sind dem AIC Handbook (5) und anderen Quellen entnommen und in Tabelle 1 zusammengestellt. Der Unterschied zwischen der erstrebten Innentemperatur und der Temperatur, unterhalb welcher geheizt werden muss, erklärt sich aus dem üblichen Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung, Bewohner, elektrische Apparate, etc. In den Vereinigten Staaten wird der Begriff der Heizgradtage auch in Form von "Kühlgradtagen" für die Kühllastberechnungen verwendet, wobei ein Kühllasttag gegeben ist durch die Anzahl Grad oberhalb einer Basistemperatur von 25,5 °C. Die Heizgrad- und Kühlgradtage werden kombiniert, um eine sogenannte Infiltrationsgradtagzahl zu bestimmen, eine Zahl, die für Luftinfiltrationsberechnungen benützt wird (4).

Tabelle 1: Variationen in der Definition der Heizgradtage

Land	Erstrebte Innentemperatur (Wohnräume) °C	Basistemperatur °C
Belgien	20,0	15,0
Kanada	21,1	18,0
Dänemark	20 - 21,0	17,0
Finnland	20,0	17,0
Niederlande	20,0	18,0
Neuseeland	20,0	18,0
Norwegen	20,0	17,0
Schweden	20,0	17,0
Schweiz	20,0	20,0 *
Grossbritannien	18,3	15,5
USA	20,0	18,3

* nur für Tage, bei denen die mittlere Aussentemperatur unter +12 °C liegt

Abbildung 3: Heizgradtagbereiche der am AIC teilnehmenden Länder



* Ungefährer Bereich

Typische Heizgradtagbereiche für verschiedene Länder sind in Abbildung 3 wiedergegeben. Die Werte variieren von unterhalb 1000 für gewisse Gegenden in Neuseeland bis über 12000 für den Norden von Kanada. Trotz dem Mangel an Übereinstimmung in der Definition von Heizgradtagen bietet dieser Begriff ein praktisches Mittel zur Bestimmung einer ungefähren klimatischen Schwelle unterhalb welcher die Methode einer dichten Hülle und einer Belüftung vorteilhafte Möglichkeiten bieten.

Das erwähnte Vorgehen wird in der vorgeschlagenen ASHRAE-Norm der Vereinigten Staaten (4) empfohlen. Für die kältesten Gegenden des Landes wird eine niedrige Luftdurchlässigkeit verlangt, mit entsprechenden Anforderungen für mechanische Lüftung. In anderen Gegenden werden sukzessive weniger strenge Bedingungen vorgesehen, entsprechend dem sogenannten Infiltrationsgradtagwert.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Eine rationellere Energieverwendung in Gebäuden kann nicht einfach durch die Reduktion der Luftwechselrate erzielt werden. Luftdurchlässigkeits- und Lüftungskriterien müssen im Zusammenhang mit guten Baumethoden eingeführt werden, um Probleme einer ungenügenden Raumluftqualität zu vermeiden. Die Lüftungsanforderungen sind abhängig von der Gebäudenutzung, der Quelle und dem Grad von Luftverunreinigungen und vom lokalen Klima. In jenen Fällen, in welchen strenge "Luftdichtigkeitsmassnahmen" eingeführt worden sind, ist es wesentlich, für eine angepasste Lüftung zu sorgen. Umgekehrt muss dann, wenn mechanische Lüftung vorgesehen ist, die Konstruktion möglichst "luftdicht" sein, weil sonst das Potential für rationelle Energieverwendung nicht erreicht wird.

Es ist unwahrscheinlich, dass mechanische Lüftung allein einen energiemässigen Vorteil gegenüber einer vergleichbaren natürlichen Lüftung erzielen kann. Nur durch die Kombination von mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung kann eine wesentliche Reduktion des Energieverbrauchs erzielt werden. Obwohl Wärmerückgewinnung energietechnisch als vorteilhaft nachgewiesen werden kann, d.h. eine wesentliche Reduktion des Energieverbrauchs für ein ganzes Land bietet, steht es aber nicht immer fest, dass dieses Vorgehen für den Konsumenten finanziell vorteilhaft ist. Es ist jedoch möglich, die Berechtigung der Wärmerückgewinnung aus der Anzahl der Heizgradtage zu ermassen. Typische Installations- und Betriebskosten zeigen, dass sich ein solches System für Einfamilienhäuser nur dann bezahlt macht, wenn die Amortisationsperiode mindestens zwanzig Jahre beträgt und die Anzahl Heizgradtage ca. 3000 - 5000 überschreitet. Genauere Zahlen können berechnet werden, wenn Details wie Energiekosten, Lüftungsbedarf etc. bekannt sind. Für grössere Gebäude, wo die relativen Kosten des Lüftungssystems, bezogen auf das bewältigte Luftvolumen, niedriger sind, ist ein solches Vorgehen wahrscheinlich wirtschaftlich vorteilhafter.

Wenn die relativen Kosten der mechanischen Lüftung nicht wesentlich gesenkt werden können, dürfte die natürliche Lüftung weiter vorherrschen, besonders für mildere klimatische Gegenden. Durch sorgfältige Baumethoden und gute Beherrschung des Luftdurchlässigkeitsaspektes kann ein befriedigendes Gleichgewicht zwischen Kosten und Energiesparüberlegungen erzielt werden.

LUFTDURCHLÄSSIGKEITSNORMEN**Belgium:****STS 52.0****External joinery – general principles****INL Draft 1983****(Holzarbeiten bei der Gebäudehülle – Allgemeine Prinzipien)****Canada:****Measures for energy conservation in new buildings****Associate Committee on the National Building Code****National Research Council of Canada, No. 16574, Ottawa,
1978****(Massnahmen für eine rationelle Energieverwendung in neuen Gebäuden)****Federal Republic of Germany:****DIN 18055****Windows: Air permeability of joints and driving rain (water
tightness) protection. Requirements and testing****German Standards Institute (DIN), 1981.****(Fenster: Luftdurchlässigkeit von Fugen und Schutz gegen Schlagregen.
Anforderungen und Messmethode)****Netherlands:****NEN 3661****Windows: Air permeability, water tightness, rigidity and
strength. Requirements****Netherlands Standards Institute (NNI), 1975****(Fenster: Luftdurchlässigkeit, Schlagregensicherheit, Steifigkeit und
Widerstand. Anforderungen)****New Zealand:****NZS 4211:1979****Specification for performance of windows****Standards Association of New Zealand, 1979****Mindestanforderungen**

Norway:
 Chapter 54. Thermal insulation and airtightness (revised
 1980)
 Building Regulations of 1 August 1969
 Royal Ministry of Local Government and Labour

(Kapitel 54. Wärmedämmung und Luftdurchlässigkeit (1980 revidiert))

United States of America:
 ASHRAE Standard 90-80
 Energy conservation in new building design
 The American Society of Heating, Refrigerating and Air-
 conditioning Engineers Inc., 1980

(Kapitel 33. SBN 1980. Wärmedämmung und Luftdurchlässigkeit)

Sweden:
 Chapter 33. SBN 1980. Thermal insulation and airtightness
 Swedish Building Code with Comments
 National Swedish Board of Physical Planning and Building
 (1981)

(Fenster: Einteilung nach Funktion)

SIS 81 81 03
 Windows. Classification with regard to function
 Swedish Standards Commission, 1977

(Winterlicher Wärmeschutz)

Switzerland:
 SIA 180/1
 Thermal insulation of buildings in winter
 Swiss Engineering and Architectural Association, 1980

(Anforderungen für Fenster. Teil 1: Klassifikation nach "Wetterdichtheit")

United Kingdom:
 BS 6375: Part 1:1983
 Performance of windows. Part 1: Classification for weather-
 tightness
 British Standards Institution, 1983

(Rationelle Energieplanung für den Entwurf von neuen Gebäuden)

LITERATUR

1. Jackman, P.
Review of building airtightness and ventilation standards
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3
October 1984.

(Überblick der Luftdurchlässigkeits- und Lüftungsnormen)

2. Liddament, M.
Implications and analysis of airtightness and ventilation
standards
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3
October 1984.

(Bedeutung und Analyse der Luftdurchlässigkeits- und Lüftungsnormen)

3. Sherman, M.
Description of ASHRAE's proposed airtightness standard
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3
October 1984.

(Beschreibung der von ASHRAE vorgeschlagenen Luftdurchlässigkeitsnorm)

4. Haysom, J.
Airtightness standards for buildings – the Canadian
experience
Proceedings 5th AIC Conference, Reno, Nevada, USA, 1-3
October 1984.

("Luftdurchlässigkeitsnormen für Gebäude – die kanadischen Erfahrungen)

5. Elmroth, A., Levin, P.
Air infiltration control in housing – a guide to international
practice
Air Infiltration Centre, UK and Swedish Council for
Building Research, Document D2:1983.

("Kontrolle des Luftaustausches in Wohngebäuden" – AIC-Handbuch über
den internationalen Stand der Technik)

