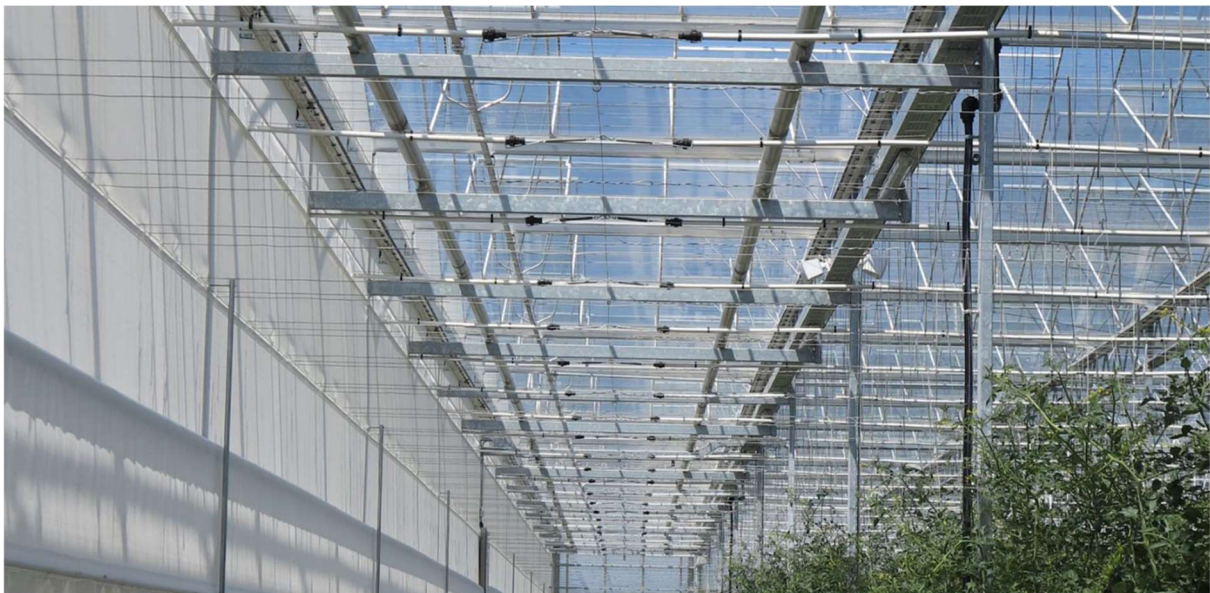


Energetische Anforderungen an Gewächshäuser Analyse des Ist-Zustandes



Auftraggeber: AWEL, Abteilung Energie, Zürich
Auftragnehmer: DM Energieberatung AG, Brugg

Versions-Nr.	Datum	Verfasser	hauptsächliche Änderungen
1.0	15.06.2021	Martin Steiger	Erstellung
1.1	17.06.2021	Thomas Grieder	Zusammenfassung erweitert, Umstellung einzelner Abschnitte
1.2	04.08.2021	Thomas Grieder	Rückmeldungen Silas Gerber verarbeitet
1.3	10.11.2021	Sara Willi	Rückmeldungen Silas Gerber verarbeitet

Zusammenfassung

Das Postulat 24/2019 verlangt, dass im Kanton Zürich neue Gewächshäuser ab sofort und bestehende spätestens in zehn Jahren fossilfrei beheizt werden. Heute werden Gewächshäuser sowohl im Kanton Zürich wie auch in der restlichen Schweiz weitgehend mit fossilen Brennstoffen beheizt. Es gibt allerdings einige grosse Betriebe, die schon auf erneuerbare Energieträger umgestellt haben. Im Kanton Zürich sind das insbesondere die Betriebe, die mit bisher ungenutzter Abwärme der Kehrlichtverbrennung Hinwil beheizt werden. Zudem gibt es mehrere Unternehmen mit Holzheizungen und mit grossen Grundwasser-Wärmepumpen. Die meisten dieser Projekte wurden mit Förderbeiträgen aus verschiedenen Quellen namhaft unterstützt.

Es gibt bis heute keine gesetzlichen Vorschriften, die eine fossilfreie Beheizung von Gewächshäusern verlangen würden. Einzig das CO₂-Gesetz hat diesbezüglich eine gewisse Wirkung erzielt. Seit der Einführung der Lenkungsabgabe haben sich rund 50 grosse und mehr als 150 kleine Betriebe zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen verpflichtet, was die Betriebe im Gegenzug zur Befreiung von der CO₂-Abgabe berechtigt. Die erfassten Betriebe haben ihre Emissionen seit 2008 um rund 35% reduziert. Dafür sind viele Einzelmassnahmen an bestehenden Häusern, aber auch mehrere grosse Substitutionsprojekte (Abwärme KVA, Holzheizungen, Wärmepumpen) verantwortlich.

Für Vorschriften betreffend Energienutzung in Gebäuden sind gemäss der Schweizerischen Bundesverfassung die Kantone zuständig. Daher haben die Kantone Vorschriften an Kalt- und Warmhäuser erlassen (EnFK-Empfehlung Nr. 5 von 1993, rev. 2008 als EN-7 und 2015 als EN-131). Diese sind heute über die Schweiz hinaus bekannt und in Anwendung. Insbesondere der Wärmedurchgangswert von 2,4 W/m²K für Warmhäuser gilt heute als Stand der Technik im Gewächshausbau. Den Markt für den Bau von Gewächshäusern beherrschen heute holländische Firmen. Für extensiv genutzte Häuser (Kalthäuser) gibt es keine Minimalanforderung an die Wärmedämmung. Angelehnt an die Vorschriften der Kantone (EN-131) hat die Bio Suisse-Organisation leicht verschärfte Vorschriften für Bio-Betriebe erstellt. Sie unterscheiden sich vor allem in der Definition von intensiv und extensiv genutzten Häusern und machen auch eine Unterscheidung zwischen bestehenden und neuen Häusern.

Die Empfehlung EN-131, respektive seine Vorgänger, gibt es seit 1993. Der Inhalt wurde über den gesamten Zeitraum nie verändert. Die Einführung der EN-131 führte sicher dazu, dass für Warmkulturen nur noch qualitativ gute Gewächshäuser gebaut wurden. Schon wenige Jahre später setzte aber ein stetiger Anstieg der Brennstoffpreise ein, der ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Bauweise neuer Häuser hatte und sogar zu vielen energetischen Sanierungen von bestehenden Häusern führte.

In der Gewächshausbranche unterscheidet man im Wesentlichen die drei Produktfamilien Gemüse, Zierpflanzen und Beeren. Die Produzenten sind entsprechend ihren Produkten in drei Verbänden organisiert, dem VSGP (Verband Schweizer Gemüseproduzenten), dem Jardin Suisse (Verband der Zierpflanzengärtner) und dem SOV (Schweizer Obstbauverband). Dazu kommt noch der Verband Bio Suisse als Organisation der Bio-Produzenten.

Während die einheimische Gemüseproduktion durch Importbeschränkungen zum Teil gegen ausländische Konkurrenz geschützt ist, gibt es derartige Beschränkungen bei der Zierpflanzenproduktion nicht. Dementsprechend ist die eigentliche Produktion von Zierpflanzen in der Schweiz massiv eingebrochen. Gewächshäuser für die Gemüseproduktion haben häufig eine Grundfläche von einer bis mehreren Hektaren. Solche Betriebe gibt es in der Zierpflanzenproduktion nur noch sehr wenige. Die meisten Zierpflanzenbetriebe haben einen Bestand von sehr unterschiedlichen und zum Teil auch sehr alten kleinen Gewächshäusern. Allerdings gibt es gerade im Kanton Zürich noch mindestens drei grosse Zierpflanzenproduzenten. Die Beerenproduktion ist in Bezug auf die CO₂-Emissionen im Vergleich mit den beiden anderen Branchen vernachlässigbar.

Für den Heizwärmebedarf und somit für den Brennstoffverbrauch eines Gewächshauses sind verschiedene Faktoren verantwortlich: Innentemperatur der Häuser, Kulturbeginn, Qualität der Hülle und Luftwechsel. Bei der Hüllfläche haben Luftpolster einen entscheidenden Einfluss auf den Wärmedurchlasswert. Alle Eindeckungen von Gewächshäusern werden gemäss der Natur der Sache transparent und aus möglichst dünnen Materialien hergestellt. Der Dämmwert dieser Materialien, wie Glasscheiben, Polycarbonatplatten und Plastikfolien ist marginal. Eine Dämmwirkung kommt nur durch ruhende Luftschichten zustande. Das wird zum Beispiel durch den Einsatz von Doppelglas in den Stehwänden erreicht. Im Dach ist eine solche Bauweise nicht möglich, die Gewichtslast wäre zu gross. Daher werden bei intensiv genutzten Häusern sogenannte Energieschirme eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine Art horizontalen Vorhang, der unter den Glasscheiben über die ganze Gewächshausfläche gezogen wird. Damit erreicht man tagsüber bei offenem Schirm einen guten Lichteinlass und nachts bei gezogenem Schirm eine akzeptable Wärmedämmung. Bei Häusern mit Energieschirm ist der Dämmwert des Daches mit gezogenem Schirm in der Regel besser als derjenige der Wände. Kleine Häuser sind daher im Nachteil. Sie haben in Bezug auf die Grundfläche einen viel grösseren Anteil an Wandfläche. Das führt dazu, dass kleine Häuser bezogen auf die nutzbare Grundfläche einen grösseren spezifischen Wärmebedarf haben als grosse Häuser.

Der Einfluss des Luftwechsels ist bis heute relativ schlecht erforscht. Ein erhöhter Luftwechsel ist aber bei der Gemüseproduktion von entscheidender Bedeutung. Zu hohe Feuchtigkeit in den Häusern führt zu Pflanzenkrankheiten, was ganze Kulturen vernichten kann oder einen hohen Einsatz von Fungiziden und/oder Pestiziden erfordert.

Die Empfehlung EN-131 enthält in erster Linie Anforderungen an den Wärmedurchlasswert der Gewächshaushülle bei gezogenem Energieschirm. Das ist in der Regel nachts der Fall. Tagsüber wird ein Gewächshaus sogar bei leichter bis mittlerer Bewölkung durch die Licht- und Wärmestrahlung der Sonne genügend erwärmt. Eine Recherche bei den wichtigsten Herstellern von Gewächshäusern in der Schweiz hat ergeben, dass mit der heute üblichen Bauweise eines Gewächshauses für sehr intensive Produktion und mit einer Grundfläche von mindestens einer Hektare der von der EN-131 geforderte Dämmwert deutlich übertroffen wird. Dazu ist eine Bauweise mit zwei Energieschirmen erforderlich. Wird nur ein Schirm eingebaut, so kann die Vorgabe der EN-131 nicht immer erreicht werden. Details der Bauweise, wie die konkrete Wahl des Schirmtyps, die Breite der Scheiben und damit der Anteil an Stegen dazwischen und auch die Grundfläche des Hauses spielen dabei eine Rolle. Diese Angaben wurden durch eigene Berechnungen verifiziert.

Das Postulat 24/2019 zielt nicht in erster Linie auf eine bessere Gewächshaushülle, sondern auf eine fossilfreie Heizung ab. In dieser Hinsicht hat sich die Branche selbst sehr anspruchsvolle Ziele gesetzt. Bis 2030 sollen 80% der Heizenergie von Gewächshäusern durch erneuerbare Wärmeerzeugung bereitgestellt werden und bis 2040 will die Branche 100% fossilfrei produzieren. Die gesetzten Ziele gehen damit über die Ziele des Pariser Klimaabkommens und der Energiestrategie 2050 der Schweiz hinaus.

Um diese Ziele zu erreichen, muss die Branche Investitionen in die erneuerbare Wärmeerzeugung in mehrstelliger Millionenhöhe tätigen. Die Amortisation dieser Investitionen erhöht die Heizkosten beträchtlich. Nach Angaben des VSGP und der DM Energieberatung AG, erhöht sich damit beispielsweise der Preis für Tomaten durchschnittlich um 23.3 Rp/kg. Dies entspricht, franko Grossverteiler, einer Preissteigerung von 10-15% und in extremen Fällen sogar 20%. Eine Abwälzung der höheren Produktionskosten auf die Konsumenten respektive auf die Grossverteiler ist aus heutiger Sicht nicht möglich. Ein Förderprogramm der Stiftung myclimate, welches speziell für Gewächshausbetriebe ausgearbeitet wurde, soll einen Teil der Mehrkosten für die Umstellung decken. Die Förderbeiträge können jedoch nur gewährleistet werden, wenn die fossilfreie Produktion nicht von Gesetzes wegen vorgeschrieben ist. Die gesetzliche Vorgabe einer fossilfreien Produktion bis in zehn Jahren, wie vom Postulat gefordert, würde das Klimaschutzprogramm verunmöglichen und dadurch die Branche vor sehr grosse wirtschaftliche Probleme stellen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Ausgangssituation	6
1.2	Betroffene Branchen	7
1.3	Ziel der Arbeit	7
1.4	Datenerhebung	8
2	Stand der Technik Gewächshaushülle	8
2.1	Bauarten von Gewächshäusern	8
2.2	Energieverluste im Gewächshaus	14
2.3	Rahmenbedingungen im Energiebereich für Gewächshäuser	15
2.3.1	Gesetzliche Vorgaben	15
2.3.2	Richtlinien Bio Suisse	16
2.3.3	Stand der Technik	16
2.3.4	Übersicht Anforderungen Gewächshäuser	17
2.3.5	Energiestrategie Verbände mit Gewächshausproduktion	17
2.3.6	Vorgaben durch Grossverteiler	17
2.3.7	Ansprüche der Zivilgesellschaft	18
2.3.8	Fazit Anforderungen Gewächshäuser	20
2.4	Prüfung der aktuellen Anforderung EN-131	21
2.4.1	Bisherige Wirkung der Vollzugshilfe EN-131	21
2.4.2	Geltungsbereich	22
2.4.3	Anforderungen	24
2.4.4	Einsparung durch Energieschirme	24
2.5	U-Wert Berechnungen	26
2.5.1	Analyse realer Bauprojekte	26
2.5.2	Eigene U-Wert Berechnungen	27
3	Heizen ohne fossile Brennstoffe	27
3.1	Heutige Energieträger	28
3.2	Spitzenlastproblematik	29
3.3	Brennstoffverbrauch Gewächshausproduktion	30
3.4	Technische Lösungsansätze	31
3.5	Investitionsmehrkosten erneuerbarer Wärmeerzeugung	32
3.6	Klimaschutzprogramm	33
4	Fazit	34
5	Anhang	35

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Am 29. Juni 2020 wurde vom Kantonsrat Zürich das Postulat 24/2019 betreffend ökologisch verantwortbare Gewächshäuser an den Regierungsrat überwiesen. Die Regierung muss innert zweier Jahre Stellung dazu nehmen. Das Postulat verlangt, dass neue Gewächshäuser ab sofort mit erneuerbarer Energie oder Abwärme beheizt werden, für bestehende Gewächshäuser gilt eine Umstellungsfrist von zehn Jahren.

Gemäss einer Erhebung aus dem Jahr 2018 vom Strickhof (Christoph Gubler, Fachstelle Gemüse), werden im Kanton Zürich 65% der Gewächshausflächen für die Gemüseproduktion (Gewächshäuser mit festem Fundament) mit fossiler Energie beheizt. Gewächshäuser mit festem Fundament (Glas- und Folienhäuser) werden für die intensive Produktion genutzt, mit entsprechend hohem Wärmebedarf. Gewächshäuser ohne festes Fundament sind überwiegend Folientunnels, die gar nicht oder nur für den Frostschutz beheizt werden. Die grossen CO₂-Emissionen entstehen also bei den Gewächshäusern mit festem Fundament.

Diese 65% fossiler Anteil im Kanton Zürich bezieht sich auf die beheizte Fläche. Der Anteil fossiler Brennstoffe am Gesamtwärmebedarf für die ganze Schweiz wurde im Rahmen der Erstellung der Energiestrategie des VSGP (Verband Schweizer Gemüseproduzenten) und Partnerverbänden abgeschätzt und beträgt 90%. Die Zahlen dazu stammen aus dem Jahr 2018 aus dem Monitoring der Gewächshausbetriebe mit Mitgliedschaft bei der EnAW (Energieagentur der Wirtschaft). Diese Gewächshausbetriebe haben eine Zielvereinbarung mit dem Bund abgeschlossen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Im Gegenzug sind sie von der CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen befreit. Darin sind sowohl Gemüse- als auch Zierpflanzenproduzenten enthalten sowie einige wenige Spezialkulturen (Kräuter, Medizinalpflanzen). Die Betriebsgrösse reicht von kleinen Gärtnereien mit weniger als 1'000 m² (10 Aren) bis zu grossen Gemüsebaubetrieben mit über 100'000 m² (10 Hektaren) beheizter Gewächshausfläche. Nicht inbegriffen in der Statistik sind beheizte Gewächshausbetriebe, für die sich eine CO₂-Abgabebefreiung nicht lohnt. Dies sind einerseits Betriebe mit sehr kleinen, schwach beheizten Gewächshäusern oder solche die zu 100% Abwärme von einer KVA beziehen. Solche Betriebe sind nicht EnAW-Mitglied und daher sind auch keine Daten verfügbar. Die Gewächshausfläche der EnAW-Mitgliedsbetriebe beträgt rund 300 ha. Im Kanton Zürich werden rund 7 ha mit Abwärme von der KVA beheizt. Weiter sind Nutzungen von KVA-Abwärme für Gewächshäuser bekannt bei der der KVA Oftringen SO und Giubiasco TI. Der Autor schätzt, dass auch unter Berücksichtigung der Gewächshäuser an KVA der Anteil der fossilen Brennstoffe für die Heizung von Gewächshäusern in der Schweiz immer noch rund 80% beträgt.

Die Gesetzgebung im Kanton Zürich macht bisher keine Vorgaben zur Nutzung von erneuerbarer Energie oder Abwärme für beheizte Gewächshäuser. Seit 1993 gibt es aber Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle von Gewächshausneubauten. Diese haben sich inhaltlich bis heute nicht verändert (Tabelle 1). Die aktuelle Bezeichnung der Vollzugshilfe gemäss MuKE 2014 (Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich) für Gewächshäuser lautet EN-131.

Anforderungen	EnFK Nr. 5 1993	EN-7 gültig im Kt. ZH 2003	EN-131 2017
Kalthäuser bis 10° C beheizt	Heizthermostat plombiert Keine Anforderung an Wärmedämmung	Heizthermostat plombiert Keine Anforderung an Wärmedämmung	Heizthermostat plombiert Keine Anforderung an Wärmedämmung
Warmhäuser 1.10 – 31.03 über 10° C beheizt	Mittlere U-Wert 2.4 W/(m²K)	Mittlere U-Wert 2.4 W/(m²K)	Mittlere U-Wert 2.4 W/(m²K)

Tabelle 1 Zusammenstellung Anforderungen an Gewächshäuser (Quelle: AWEL, Abt. Energie)

Die Abteilung Energie des AWEL wurde beauftragt, einen Bericht auszuarbeiten als Grundlage für die Antwort auf das Postulat. Die DM Energieberatung als Fachexpertin für Energieeffizienz und Heizungen ohne fossile Brennstoffe für Gewächshäuser unterstützt mit dem vorliegenden Bericht das AWEL dabei.

1.2 Betroffene Branchen

In der Schweiz werden im gedeckten Anbau vor allem Gemüse, Zierpflanzen und Beeren produziert (Tabelle 2). Daneben gibt es in bedeutend kleinerem Rahmen auch noch Spezialkulturen wie Kräuter (Beispiel: Basilikum) oder Medizinalpflanzen (Beispiel: Medizinal-Hanf). Die Produzenten sind für ihre Interessenvertretung in Verbänden zusammengeschlossen.

Produkt	Gemüse	Zierpflanzen	Beeren
Verband	VSGP (Verband Schweizer Gemüseproduzenten)	Jardin Suisse (Unternehmerverband Gärtner Schweiz)	SOV (Schweizer Obstverband)
Bruttofläche Gewächshäuser mit Heizung	225 ha	75 ha	11 ha

Tabelle 2 Übersicht Branchen mit Produktion im gedeckten Anbau

1.3 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieses Berichtes ist eine Auslegeordnung zum Stand der Technik bezüglich der Gebäudehülle von beheizten Gewächshäusern und den Möglichkeiten für eine Heizung ohne fossile Brennstoffe. Die aktuell geltenden Rahmenbedingungen vom Gesetzgeber und weiteren Akteuren werden aufgezeigt.

Die Anforderungen der Empfehlung EN-131 und deren Vorgängerversionen sind rund 30 Jahre alt und werden daher geprüft. Für ein breit abgestütztes Bild wird die Erfahrung verschiedener Akteure aus der Gewächshausbranche abgeholt. Dazu zählen Planungsfirmen aus dem In- und Ausland, die betroffenen Branchenverbände sowie Lieferanten von Gewächshaustechnik.

Kosten und technische Möglichkeiten für die Substitution fossiler Brennstoffe für die Gewächshaushheizung werden ausgewiesen. Die finanziellen Fördermöglichkeiten für den Ausstieg aus den fossilen Energien und der Einfluss von gesetzlichen Vorschriften auf die Fördergelder sind dargelegt.

Diese Auslegeordnung soll den politischen Ämtern und Entscheidungsträgern sowie betroffenen Anspruchsgruppen eine Grundlage bieten für weitere Diskussionen bezüglich dem Postulat 24/2019.

1.4 Datenerhebung

Um den aktuellen Stand der Gewächshaustechnik abzuholen, wurden im Februar und März 2021 Gespräche mit Gewächshausplanern und Lieferanten von Gewächshaustechnik geführt (Liste siehe Anhang). Auch die Erfahrungen mit der Vollzugshilfe EN-131 wurden abgeholt. Weiter wurden auch betroffene Verbände des gedeckten Anbaus sowie Behörden zu den aktuellen Rahmenbedingungen und den Vollzug der EN-131 befragt. Ausserdem führte die DM Energieberatung AG eine Recherche durch für aktuelle Untersuchungen zu Dämmung und U-Wert von Gewächshäusern.

Die DM Energieberatung AG konnte insbesondere auf die eigene Erfahrung aus über zwölf Jahren Energieberatung der Gewächshausbranche zurückgreifen. Bezüglich des Ersatzes fossiler Heizungen standen die Grundlagen aus dem vom BFE geförderten Projekt des VSGP «Energie- und Klimastrategie Gewächshausproduktion Schweiz» zur Verfügung. Die DM Energieberatung AG hatte als technische Fachexpertin in diesem Projekt diese Grundlagen erarbeitet.

2 Stand der Technik Gewächshaushülle

2.1 Bauarten von Gewächshäusern

Die folgende Auflistung ist nicht abschliessend, da es eine grosse Vielfalt an Gewächshaustypen und möglichen Eindeckungsmaterialien gibt. Es werden die gängigsten Gewächshaustypen gezeigt, wie sie insbesondere in der Produktion anzutreffen sind.

Venlo-Gewächshaus

In der intensiven Gemüseproduktion (Start der Warmkultur ab Januar) hat sich das Venlo-Gewächshaus durchgesetzt (Abbildung 1). Es zeichnet sich wegen seiner hohen Lichtdurchlässigkeit aus. Dies wird durch den Einsatz von Einfachglas erreicht. Licht ist der wichtigste Produktionsfaktor für die Pflanzen. In der Branche gilt die Faustformel: 1% mehr Licht ergibt 1% mehr Ertrag (Pflanzenwachstum).



Abbildung 1 Venlo-Gewächshaus [Quelle: www.gakon.nl]

Die stabile Konstruktionsweise mit kleinem Abstand zwischen den Kappen erlaubt eine grosse Bauhöhe (Bsp. Rinnenhöhe 7 Meter) mit viel freiem Luftraum über den Kulturen. Dies ist wichtig für ein stabiles Klima (Temperatur- und Feuchtemanagement). Mit gesünderen Kulturen sind höhere Flächenerträge möglich. Die Bauhöhe hat in den letzten Jahren sukzessive zugenommen. Die stabile Konstruktion erlaubt ausserdem den einfachen Einbau von Energieschirmsystemen. Im Gegensatz zu Folienhäusern, die weniger Formstabil sind, lassen sich im Venlo-Gewächshaus die Schirme einfacher luftdicht abschliessen (Randabschlüsse), was wichtig ist für den Energiespareffekt. Gemäss Rückmeldung von den Gewächshaus-Planern setzt sich auch im Zierpflanzenbau vermehrt die Venlo-Bauform durch. Die Breitschiff-Gewächshäuser sind hier aber noch mehr verbreitet. Beim Venlo-Gewächshaus werden die Steh- und Giebelwände meistens mit Doppelglas oder Doppelstegplatten ausgeführt. Das Doppelglas besteht aus zwei 4 mm – Glasplatten mit 8 mm Luftspalt dazwischen (total 16 mm). Dieser Aufbau wird auch als Isolierglas bezeichnet in der Branche, darf aber nicht mit dem ebenfalls als Isolierglas bezeichneten Fenstern im normalen Gebäude verwechselt werden, das anstelle von Luft ein Isoliergas enthält. Doppelstegplatten sind standardmässig ebenfalls 16 mm dick. Das verwendete Material ist meistens der Kunststoff Polycarbonat, welcher unter den Kunststoffen über eine hohe Lichtdurchlässigkeit verfügt. Es gibt bei gleicher Dicke verschiedene Typen, die sich in der Anzahl Kammern im Inneren unterscheiden (Abbildung 2). Eine Unterteilung in mehrere Kammern verbessert den U-Wert.

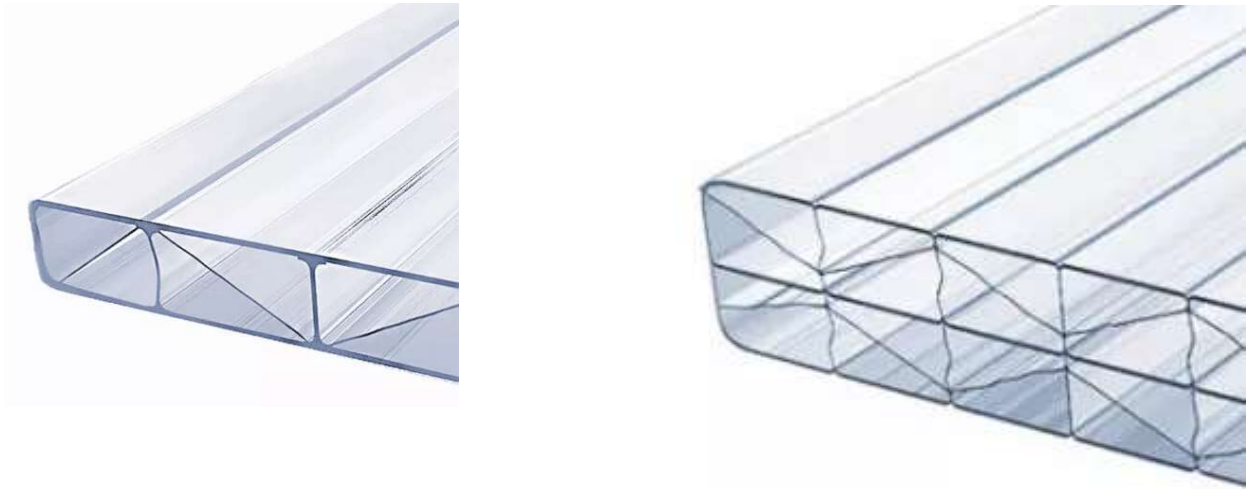


Abbildung 2 Doppelstegplatten 16 mm mit 2-Kammern (links) und 4-Kammern (rechts)
[Quelle: www.stegplattenversand.de]

Breitschiff-Gewächshaus

Im Zierpflanzenbau werden noch vermehrt Breitschiffe (Abbildung 3) eingesetzt, damit die Normtische in den Abteilen Platz haben. Zudem ist die Höhe nicht so entscheidend, wie bei den Gemüsekulturen (Temperatur- und Feuchtemanagement).



Abbildung 3 Breitschiff-Gewächshaus [Quelle: wiki.sharefoodforest.org/wiki/architektur/gewaechshausbau]



Abbildung 4 Normtische in der Zierpflanzenproduktion [Quelle: DM Energieberatung AG]

Dach und Wände können im selben Material wie beim Venlo-Gewächshaus ausgeführt werden. Gartencenter werden häufig ebenfalls in der Breitschiff-Architektur gebaut. Da die Pflanzen aber nur überleben und nicht wachsen müssen, ist die Lichtmaximierung nicht so wichtig. Daher wird das Dach häufig in Doppelglas ausgeführt und eine massivere Tragestruktur gebaut.



Abbildung 5 Gartencenter Breitschiff-Architektur [Quelle: www.gysiberglas.ch]

Alte Glashäuser (> 30 Jahre) ähneln von den Proportionen her den Breitschiffen. Die Wände wurden aber auch nur in Einfachglas ausgeführt, häufig wurden keine Energieschirme eingebaut.

Folienhäuser

Für Folienhäuser gibt es verschiedene Bauformen. Energetisch am besten sind Doppelfolienhäuser, bei denen der Zwischenraum aktiv mit einem Ventilator aufgeblasen wird.



Abbildung 6 Folienhaus mit aufgeblasener Doppelfolie [Quelle: www.gvz-rossat.ch]



Abbildung 7 Mehrschiff-Folienhaus [Quelle: www.gvz-rossat.ch]

Auch Folienhäuser können mit Energieschirmen ausgerüstet werden. Folienhäuser haben tiefere Investitionskosten, halten aber auch nicht so lange. Die Folien werden mit der Zeit trübe (weniger Licht) und bekommen Risse. Je nach Standort und Witterungseinfluss muss das Folienmaterial nach 10 Jahren ersetzt werden. Die Stirnseiten werden häufig mit Doppelstegplatten ausgeführt.

Folientunnel

Für unbeheizte Gewächshäuser oder solche, die nur im Notfall für den Frostschutz eine Heizung installiert haben, werden auch einfache Folientunnel mit Einfachfolie oder Doppelfolie (nicht aufgeblasen) verwendet (Abbildung 8 und Abbildung 9).



Abbildung 8 Folientunnel [Quelle: www.hortuna.ch]



Abbildung 9 Folientunnel mehrschiffig [Quelle: www.hochstaedter.de]

2.2 Energieverluste im Gewächshaus

Der grösste Teil der Heizenergie, die ein Gewächshaus benötigt, geht über die Gebäudehülle in Form von Transmission verloren (Abbildung 10).

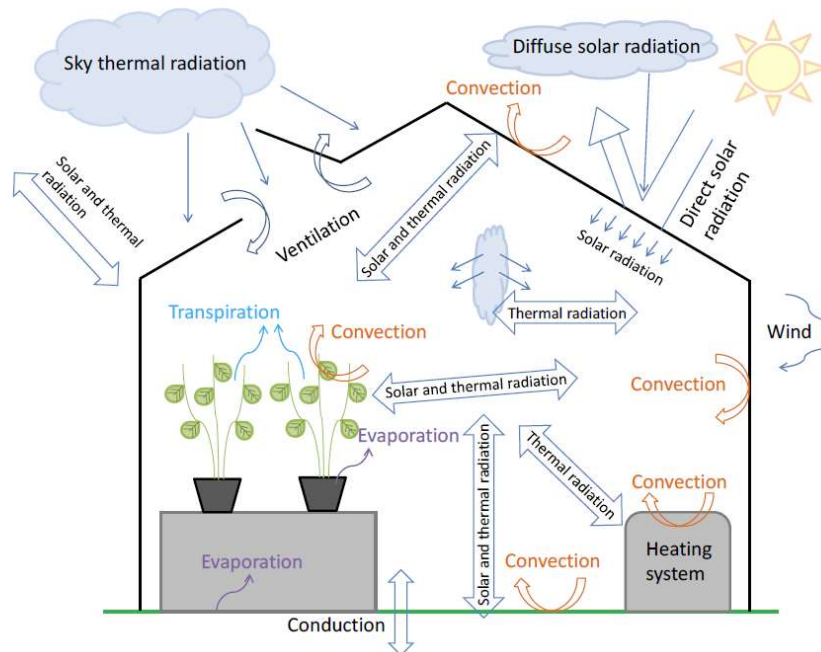


Abbildung 10 Wärmeströme im Gewächshaus [Thermal Energy Use in Greenhouses, K. Maslak, Swedish University of Agricultural Sciences, 2015]

Auch über den Luftwechsel wird viel Wärme abtransportiert. Die kältere Aussenluft muss im Gewächshaus aufgeheizt werden. Ein natürlicher Luftwechsel findet über Undichtheiten in der Gewächshaushülle statt. Wenn die Luftfeuchtigkeit im Gewächshaus zu hoch ist, werden zusätzlich die Lüftungsflügel geöffnet. In einer früheren Projektarbeit des Autors im Jahr 2017 («Energieoptimierte Gewächshausentfeuchtung, Marktanalyse von Entfeuchtungssystemen für Gewächshäuser»), die vom BFE und den Verbänden VSGP und Jardin Suisse finanziell unterstützt wurde, wurden typische Lüftungsverluste bei Schweizer Gewächshausbetrieben abgeschätzt. Diese liegen im Bereich von 15% - 35% des jährlichen Wärmebedarfes. Bei Biobetrieben mit hohem Krankheitsdruck sind Verluste in der Grössenordnung von 40 - 50% möglich. Auch bei Betrieben mit konventioneller Produktion, die erst spät mit der Warmkultur beginnen (Bsp. Gurken ab Mitte April), ist der Anteil der Heizenergie für die Lüftung grösser als bei solchen, die bereits im Januar beginnen.

Um im Sommer die Luftfeuchtigkeit aus dem Gewächshaus zu bringen, wird mit einer tiefen Vorlauftemperatur der Heizrohre ein thermischer Auftrieb im Gewächshaus erzeugt. Die Heizenergie wird also nicht für den Ausgleich von Temperaturverlusten über die Gebäudehülle genutzt, sondern für den Abtransport der Luftfeuchtigkeit. Diesen Vorgang nennt man Trockenheizen. Aus Umweltsicht ist dies nicht per se schlecht, da mit der Feuchtekontrolle insbesondere Pilzkrankheiten vermieden werden. Der Einsatz von problematischen Fungiziden wird dadurch stark reduziert oder es kann ganz darauf verzichtet werden. Betriebe mit Bio-Produktion dürfen solche Stoffe nicht einsetzen und müssen daher präventiv eher noch stärker trockenheizen als konventionelle.

Ein beispielsweise 10% strengerer U-Wert von $2.16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (entspricht $0.9 \times 2.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) führt also nicht zu einer Reduktion des Wärmeverbrauchs um 10% (siehe Beispiel Gemüseproduktion in Tabelle 3).

	Intensive Produktion	Bio-Produktion
Start Warmkultur	Januar	März
Wärmeverlust Gebäudehülle	80%	65%
Verschärfung U-Wert	10%	10%
Reduktion Wärmeverlust Gebäudehülle	8%	6.5%

Tabelle 3 Einfluss verbesserte Gebäudehülle auf Gesamtwärmeverbrauch

2.3 Rahmenbedingungen im Energiebereich für Gewächshäuser

2.3.1 Gesetzliche Vorgaben

Mit dem Vorläufer der EN-131, der EnFK Nr. 5, hat die Konferenz der Kantonalen Energiedirektoren 1993 eine Mustervorschrift für die Gebäudehülle von Gewächshaus-Neubauten erarbeitet. Die Vorschrift wurde sukzessive in die kantonalen Gesetzgebungen übernommen und wird heute von der Mehrheit der Kantone angewendet.

Die EN-131 bezieht sich ausschliesslich auf Neubauten und Sanierungen. An Gewächshäuser, die zum Zeitpunkt des Inkrafttretens schon bestanden und die nicht wesentlich verändert werden, gibt es keine Vorschriften.

Die EN-131 unterscheidet zwischen Warmhäusern und Kalthäusern. Als Warmhäuser werden Gewächshäuser bezeichnet, die im Zeitraum vom 1. Oktober bis zum 31. März auf eine Innentemperatur von über 10°C geheizt werden. Für diese Häuser gibt es eine Anforderung an den maximalen U-Wert der Gebäudehülle. Dieser Wert kann nur erreicht werden, wenn die Seitenwände zweischichtig ausgeführt und das Dach mit einem Energieschirm ausgestattet sind. Mit einer schlechteren Gebäudehülle kann der U-Wert sicher nicht erreicht werden.

Kalthäuser sind Gewächshäuser und Folientunnel, die im genannten Zeitraum auf maximal 10°C geheizt werden. An diese gibt es keine energetischen Anforderungen. Die Innentemperatur muss aber über einen Thermostat begrenzt sein und der Energieverbrauch muss aufgezeichnet werden.

Abgesehen davon gibt es in der Schweiz keine behördlichen Auflagen zur Energieeffizienz von Gewächshäusern. Auch die Unterscheidung in Kalt- und Warmhäuser wird auf keiner anderen Gesetzesstufe gleich oder anders definiert. Ob einzelne Gemeinden strengere Auflagen machen, ist nicht bekannt.

Indirekt hatte die nationale CO₂-Gesetzgebung mit der Einführung der CO₂-Abgabe auf fossile Brennstoffe ab dem Jahr 2008 einen erheblichen Einfluss auf die energetische Qualität der Gewächshaushülle. Schon etwa ab dem Jahr 2004 bereiteten sich einige grosse Produzenten mit dem Abschluss einer Zielvereinbarung auf die Einführung der Abgabe vor. Durch die Verpflichtung, mit energetischen Verbesserungsmaßnahmen den CO₂-Ausstoss der Betriebe zu verringern, sicherten sich die Unternehmen das Recht auf eine Befreiung von der Abgabe. Mit der Erhöhung der Abgabe im Jahr 2010 nahm die Anzahl Firmen mit einer Zielvereinbarung stark zu.

Naturgemäss ging es bei den verpflichtenden Massnahmen um existierende Häuser, keine Neubauten. Die häufigsten Massnahmen bezüglich Gebäudehülle inklusive Energieschirme sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Massnahme	Typische Einsparung (Wärmebedarf/Jahr)
Einbau eines Energieschirms	30%
Einbau eines zweiten Energieschirms (meist kein reiner Energieschirm)	10...15%
Ersatz/Reparatur von alten Energieschirmen (undicht)	20...30%
Ersatz/Reparatur von Randabschlüssen der Schirme (undicht)	10...15%
Dämmwert verbessern Wände (Noppenfolie anbringen, Doppelfolie aufgeblasen statt Einfachfolie)	3...8%
Dämmwert verbessern Dach (Doppelfolie aufgeblasen statt Einfachfolie)	20...40%
Abdichten (Lüftungsflügel, Tore, Scheiben)	1...10%

Tabelle 4 Standardmassnahmen für die energetische Verbesserung der Gewächshaushülle

Seit 2008 kommt in den Kantonen zudem der Grossverbraucherartikel schrittweise zur Umsetzung. Der Einfluss auf die Gewächshausbranche ist gering, da die Mehrheit der grossen Betriebe schon vor Inkrafttreten des Artikels eine Zielvereinbarung für die Rückerstattung der CO₂-Abgabe hatte. Diese Zielvereinbarungen (sog. Universalzielvereinbarung) decken auch die Anforderungen des Grossverbraucherartikels ab. Neu ist lediglich die zusätzliche Zielgrösse der Energieeffizienz, die bisher vom Bundesamt für Energie (BFE) auditiert wurde. Durch den Grossverbraucherartikel wird diese zusätzliche Zielgrösse verpflichtend und bei Nichterreichen zum Teil auch durch die Kantone sanktioniert.

2.3.2 Richtlinien Bio Suisse

Der Verein Bio Suisse hat für die Produktion landwirtschaftlicher Produkte (Vergabe Knospe-Label) strengere Vorschriften als das gesetzliche Minimum. Dies gilt auch für die Produktion im gedeckten Anbau. Die Richtlinie ist öffentlich und kann auf der Homepage heruntergeladen werden: <https://www.bio-suisse.ch/de/richtlinienweisungen.php>

Der wichtigste Unterschied betrifft die Kulturdauer der Warmkultur im Gemüsebau und der Topfkräuterproduktion. Diese darf auch bei guter Gewächshaushülle frühestens am 1. März beginnen und muss spätestens am 30. November enden. Zudem gibt es nicht nur Anforderungen an Neubauten, sondern auch an bestehende Häuser.

Eine Gegenüberstellung der Vorgaben zur EN-131 ist in Tabelle 5 enthalten. Diese Richtlinien sind für Bio-Betriebe verbindlich, Nichteinhaltung wird sanktioniert.

2.3.3 Stand der Technik

Die EN-131 gibt gesetzliche Minimalanforderungen an die Gewächshaushülle vor. Für Knospen-Betriebe gelten zusätzlich die Richtlinien von Bio Suisse. Je nach Abnehmer spielen auch Vorgaben von Grossverteilern eine Rolle. Abgesehen davon wird gebaut, was betriebswirtschaftlich funktioniert für die Unternehmen. Dieser marktorientierte Ansatz für den Stand der Technik macht Sinn für eine Branche, die unter starkem Preisdruck steht. Zudem kommen neue Innovationen in der

Gewächshaustechnik (inkl. Gebäudehülle) ausschliesslich aus dem Ausland, allen voran aus den Niederlanden. Was dort entwickelt wird und sich durchsetzt, ist auch für die Schweiz massgebend. Was standardisiert in grossen Stückzahlen produziert wird, ist günstiger als Sonderlösungen.

2.3.4 Übersicht Anforderungen Gewächshäuser

In Tabelle 5 sind die wichtigsten Anforderungen zusammengefasst.

Ausser der Vollzugshilfe der Kantone EN-131 und den Richtlinien von Bio Suisse stellen die anderen Akteure keine Anforderungen an die Gebäudehülle. Es werden auch keine Unterteilungen gemacht zwischen intensiver Produktion (höhere Heiztemperaturen in der Heizperiode) und extensiveren Produktionsarten (max. 10°C oder nur frostfrei). Nur Bio Suisse hat zudem für unterschiedliche Kulturen verschiedene Vorgaben zu maximalen Heiztemperaturen und Heizperioden. Insbesondere im Gemüsebau macht dies einen grossen Unterschied, hier darf frühestens am 1. März mit den Warmkulturen begonnen werden. Für den konventionellen Anbau gibt es keine Einschränkungen diesbezüglich.

2.3.5 Energiestrategie Verbände mit Gewächshausproduktion

Im Jahr 2019 hat unter der Federführung des VSGP eine breit abgestützte Arbeitsgruppe eine Branchenstrategie für die Produktion im gedeckten Anbau erarbeitet. Zur Arbeitsgruppe gehörten Vertreter der Produktion, der betroffenen Verbände, Vertreter des Detailhandels sowie der Bundesbehörden (Energie und Landwirtschaft). Als technischer Fachexperte fungierte die DM Energieberatung. Das Projekt wurde vom BFE finanziell unterstützt. Im Fokus der Strategie steht eine schnelle Reduktion der Nutzung fossiler Brennstoffe für die Heizung der Gewächshäuser. Dies ist nur mit der Substitution der fossilen Brennstoffe mit erneuerbarer Energie und Abwärme möglich. Eine Verbesserung der Gebäudehülle kann nicht im selben Ausmass den CO₂-Ausstoss reduzieren wie der direkte Ersatz des Energieträgers. Daher ist die Gebäudehülle nicht Teil der Strategie.

Die zwei Etappen der Strategie lauten:

- Bis **Ende 2030** sind Schweizer Gewächshäuser zu **80% ohne fossile Brennstoffe** beheizt.
- Bis **Ende 2040** sind Schweizer Gewächshäuser zu **100% ohne fossile Brennstoffe** beheizt.

Dieser Zielpfad ist sehr ambitiös und geht über die Vorgaben des Pariser Klimaabkommens und dem aktuellen Zielen des Bundesrates hinaus (Netto-Null bis 2050). Da heizen mit fossilen Brennstoffen auch aktuell immer noch deutlich günstiger ist als umweltfreundliche Alternativen, müssen die Mehrkosten für die Produzenten aufgefangen werden.

Die Nutzung von Fördergeldern ist integraler Bestandteil dieser Strategie. Sie können zumindest einen Teil der Mehrkosten abdecken. Fördergelder für fossilfreie Heizungen können aber nur bezogen werden, wenn diese nicht durch gesetzliche Vorschriften verpflichtend gefordert werden.

Details zu Möglichkeiten und Kosten von erneuerbarer Energie werden im Kapitel 3 beschrieben.

Die Strategie ist in einer Informationsbroschüre zusammengefasst, die auf der Homepage des VSGP heruntergeladen werden kann:

<https://www.gemuese.ch/Dossiers/Nachhaltigkeit-Qualitat/Nachhaltiger-Anbau>

Die Umsetzung der Branchenstrategie erfolgt in Eigenverantwortung jedes einzelnen Unternehmens. Eine Sanktionsmöglichkeit ist nicht vorgesehen.

2.3.6 Vorgaben durch Grossverteiler

Ab 1.1.2026 bezieht die Migros (MGB) nur noch Schweizer Früchte und Gemüse aus Gewächshäusern, welche gar nicht oder ausschliesslich mit erneuerbaren Energien beheizt werden.

Die anderen Grossverteilern, wie COOP, Lidl und Aldi, bekennen sich zu den Reduktionszielen und dem Zeitplan der oben beschriebenen Energiestrategie der Branche.

2.3.7 Ansprüche der Zivilgesellschaft

Die Produktion von Nahrungsmitteln (insbesondere Fruchtgemüse wie Tomaten) in beheizten Gewächshäusern steht gesellschaftlich in der Kritik. Zierpflanzen stehen (noch) nicht im Fokus. Die Erzeugung des hohen Wärmebedarfes mit fossilen Brennstoffen führt zu einer bezüglich CO₂-Emissionen negativen Berichterstattung in den Medien. Das mag mit ein Grund sein, warum der MGB und auch der Kantonsrat Zürich die Vorgaben verschärft bzw. verschärfen will.

Ob für in- und ausländische Produzenten anderer kritischer Lebensmittel wie tierische Produkte oder Flugimporte entsprechende Vorgaben in Kraft oder geplant sind, ist dem Autor weder bekannt noch ist es Teil des Auftrages.

Anforderungen	Postulat 24/2019	Energienachweis EN-131	BioSuisse	Branchenstrategie VSGP u.a.	IP Suisse	Migros
Gültig seit	k.A.	1993	01.01.2021	01.01.2020	01.01.2021	01.01.2019
Geltungsbereich	GH mit Erzeugung landw. Produkte	GH zur Aufzucht, Produktion oder Vermarktung (Nutzung zu kommerziellen Zwecken)	Geschützter Anbau	Alle Produzenten	Alle Produzenten	Produktion Gemüse und Früchte
Neubau: Wärmedämmung	k.A.	$U\text{-Wert} \leq 2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für Warmhäuser	$U\text{-Wert} \leq 2.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für Warmhäuser	k.A.	k.A.	k.A.
Neubau: Anteil erneuerbare Energien Heizung	100% ab sofort	Keine Anforderungen	80% ab 1.1.30 (Ausnahme: Frostfrei max. 5°C) 100% ab 1.1.40 (alle)	80% ab 1.1.30 100% ab 1.1.40	50% ab 1.1.21 80% ab 1.1.30 100% ab 1.1.40	100% ab 1.1.26*
bestehende: Wärmedämmung	k.A.	$U\text{-Wert} \leq 2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für Warmhäuser	$U\text{-Wert} \leq 2.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für Warmhäuser oder Wände & Dach Doppelschichtig	k.A.	k.A.	k.A.
bestehende: Anteil erneuerbare Energien Heizung	100% in 10 Jahren	-	80% ab 1.1.30 (Ausnahme: Frostfrei max. 5°C) 100% ab 1.1.40 (alle)	80% ab 1.1.30 100% ab 1.1.40	50% ab 1.1.21 80% ab 1.1.30 100% ab 1.1.40	100% ab 1.1.26*
CO₂-Düngung	k.A.	k.A.	CO ₂ -Düngung: keine fossilen Quellen ab 1.1.40	CO ₂ -Düngung: keine fossilen Quellen ab 1.1.40	k.A.	CO ₂ -Düngung: keine fossilen Quellen ab 1.1.26
Zusätzliche Anforderungen	k.A.	k.A.	Verbot von Assimilations- beleuchtung Vorgaben Boden Dämpfen Kein Atomstrom ab 1.1.40 für Heizung	k.A.	Strom zu 50% Erneuerbar ab 1.1.21	k.A.

Tabelle 5 Vergleich der energetischen Anforderungen an Gewächshäuser

* Gemäss Reglement der Migros ist eine fossile Beheizung bis maximal +5°C zugelassen, sofern kein Gas oder Fernwärme Anschluss realisiert werden kann und solange keine erneuerbaren Alternativen für Propan und Heizöl auf dem Markt sind. Da Biogas und Bioheizöl verfügbar sind, ist diese Regel hinfällig.

Anforderungen	Vollzugshilfe EN-131	BioSuisse
Heizperiode Warmkultur	Heizperiode: 1.10. - 31.3. Warmhaus: > 10°C in Heizperiode Warmhaus muss Anforderung U-Wert einhalten = keine Einschränkung Start Warmkultur Kalthaus: < 10°C in Heizperiode Keine Anforderung an U-Wert	<u>Gemüse & Topfkräuter:</u> Anforderung U-Wert erfüllt: 1.12 –28.02 max. 10°C = frühester Start Warmkultur 01.03. Anforderung U-Wert nicht erfüllt: 1.11.-31.3. max. frostfrei 5° = frühester Start Warmkultur 01.04. <u>Zierpflanzen:</u> Anforderung U-Wert erfüllt: Ganzes Jahr max. 18°C Anforderung U-Wert nicht erfüllt: 1.11.-31.3. max. frostfrei 5° <u>Treibereikulturen und Sprossen:</u> Anforderung U-Wert erfüllt: Ganzes Jahr max. 18°C <u>Jungpflanzenzucht und Pflanzensammlungen:</u> Anforderung U-Wert erfüllt: keine Einschränkungen

Tabelle 6 Vergleich Anforderungen Heizperiode EN-131 und Bio Suisse

2.3.8 Fazit Anforderungen Gewächshäuser

Die strengsten Anforderungen bezüglich Zeitrahmen für einen Anteil erneuerbarer Energie hat IP Suisse mit 50% ab 01.01.2021. Die Migros will 100% fossilfrei ab 1.1.2026. Um 100% mit erneuerbarer Energie oder Abwärme zu erreichen sind sehr hohe Investitionen notwendig. Dies wird im Kapitel 3 ausgeführt. Auch der Zeitplan ist sehr ambitiös. Es zeigt sich in der Praxis, dass gute Lösungen wie zum Beispiel Wärmeverbünde mit Gewächshäusern, Wohnbauten und Industrie aufgrund der vielen Beteiligten eine lange Planungszeit benötigen.

Bezüglich der Gebäudehülle gibt es von Gesetzes wegen nur Anforderungen an Neubauten. Bio Suisse geht mit einem maximalen U-Wert von 2.1 W/(m² K) über die kantonalen Vorschriften hinaus. Zudem definiert die Organisation auch Anforderungen an bestehende Häuser. Für diese wird grundsätzlich der Zielwert der EN-131 übernommen. Es gibt aber insofern eine Vereinfachung, dass jedes Haus mit zweischichtigen Wänden und zweischichtigem Dach zulässig ist. Der U-Wert muss in diesem Fall, d.h. bei bestehenden Gewächshäusern, nicht nachgewiesen werden.

Die grösste Herausforderung für die Branche besteht derzeit für die Produzenten von Gemüse und Früchten durch die sehr strengen Vorgaben der Migros. Unabhängig vom geforderten Zeitplan und der Höhe des Anteils an Heizenergie ohne fossile Brennstoffe führt diese Umstellung zu Mehrkosten für die Betriebe, die derzeit vom Markt nicht abgegolten werden. Einzig Fördergelder helfen, diese Mehrkosten wenigstens teilweise abzufedern. Fördergelder sind nur zulässig, wenn keine gesetzlichen Mindestvorgaben eingehalten werden müssen. Daher würden gesetzliche Vorgaben dazu die Branche in der Erreichung der Klimaziele eher behindern als fördern.

2.4 Prüfung der aktuellen Anforderung EN-131

2.4.1 Bisherige Wirkung der Vollzugshilfe EN-131

Im Gespräch mit den Gewächshausplanern wurde gefragt, welchen Einfluss die Vollzugshilfe der Kantone seit der Einführung auf die tatsächliche Planung und Ausführung der Gewächshäuser hatte. Die wichtigsten Erkenntnisse:

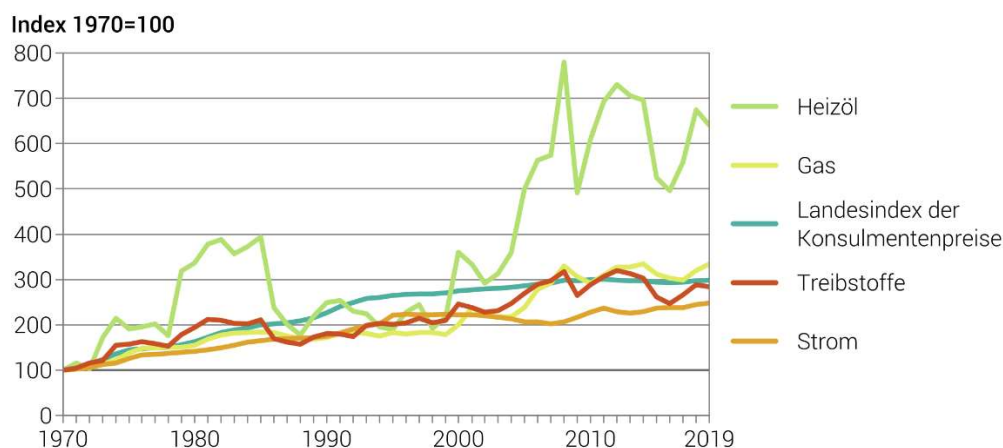
Umsetzbarkeit der Anforderungen

- Die Anforderungen konnten bei Einführung der Vollzugshilfe 1993 mit existierender Standardtechnik (Hauptlieferant: Niederlande) erreicht werden. Dies führte zu einer allgemeinen Akzeptanz der Vorgaben in der Branche.
- Die Isolation der Fundamente war am ehesten ein Sonderfall, der nur in der Schweiz verlangt wurde. Dies konnte aber mit einem kleinen Zusatzaufwand erledigt werden.
- Im grenznahen Ausland gab und gibt es gemäss Kenntnissen der befragten Planer keine solchen gesetzlichen Mindestanforderungen.
- Der U-Wert von $2.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ konnte (kann) mit einem Dach aus Einfachglas & einem Energieschirm sowie Wände aus Isolierglas (zwei Gläser mit Luftspalt) erreicht werden
- Ein Energieschirm wurde auch schon vor Einführung der Vollzugshilfe eingebaut, aber eher aus Gründen des Schutzes der Kulturen vor zu starker Lichteinstrahlung und Hitze im Sommer (Schattierschirm)
- Produzenten mit Doppelfolienhäusern (aufgeblasen) sind eher über die Heizperiode ausgewichen (Start Warmkultur ab 1. April). Nur in wenigen Fällen wurde ein Energieschirm eingebaut.
- Der Nachweis nach EN-131 wird seit seiner Einführung in der ganzen Schweiz als Voraussetzung für die Erteilung einer Baubewilligung gehandhabt
- Es ist durchaus möglich, dass schon ein Gewächshaus als Kalthaus angegeben wurde und später dann als Warmhaus genutzt wurde.

Relevanz im Vergleich zu anderen Aspekten

- Energiepreise: dieser Aspekt wird unterschiedlich gewichtet. Einige meinen, dies sei wichtiger gewesen als die Anforderung EN-131, andere finden die EN-131 sei wichtiger gewesen. Der Ölpreisschock fand schon vor der Einführung der EN-131 statt, zu Beginn der 80er Jahre. Seit dem Jahr 2000 sind die Preise für insbesondere Heizöl stark angestiegen (Abbildung 11). Erdgas folgte etwa 2005.

Konsumentenpreise für Energie



Quelle: BFS – Landesindex der Konsumentenpreise

© BFS 2020

Abbildung 11 Konsumentenpreise Energie

- Für Bioproduzenten waren die Vorgaben von Bio Suisse sehr wichtig. Diese deckten sich bezüglich U-Wert praktisch 1:1 mit der EN-131, ausser dass doppelschichtige Dächer und Wände gleichwertig waren wie der U-Wert.
- Alle sind sich einig, dass die Einführung des CO₂-Gesetzes 2008 mit der CO₂-Abgabe auf fossilen Brennstoffen zu einer verstärkten Auseinandersetzung mit dem Thema Energie geführt hat. Viele Betriebe sind seither Mitglied der EnAW (Energie-Agentur der Wirtschaft) und haben eine Zielvereinbarung mit dem Bund (BAFU) abgeschlossen. Diese Firmen verpflichten sich, wirtschaftliche Massnahmen zur Energieeinsparung umzusetzen, dafür werden sie von der CO₂-Abgabe befreit. Dieser Prozess hatte vor allem für bestehende Gewächshäuser einen grossen Einfluss, Neubauten waren davon weniger betroffen. Die Erfahrungen aus den bestehenden Betrieben mit Zielvereinbarung wurden aber durch die Branche sukzessive auch in die Konzepte für Neubauten integriert. So wurden bei intensiven Produktionen beispielsweise von Beginn an doppelte Energieschirme eingebaut, die Wände zusätzlich mit Noppenfolie ausgerüstet und Heizkessel mit Abgaswärmetauscher (Brennwerttechnik) eingesetzt.
- Die Ansprüche der Grossverteiler waren ebenfalls wichtig, die Produzenten mussten aufzeigen, was sie bezüglich Energieeffizienz und Klimaschutz unternehmen. Harte Vorgaben wie nun von der Migros gab es bisher aber nicht. Diese kamen aber grundsätzlich nicht unerwartet.

Fazit

- Mit Einführung der EN-131 (früher: EN-5, EN-7) wurde eine sinnvolle Minimalanforderung definiert, die mit Standardtechnik umgesetzt werden kann. Ohne die EN-131 hätten einige Betriebe sicher eine weniger gute Gebäudehülle gebaut.
- Die EN-131 ist bei Behörden und Planern bekannt und wird seit Beginn standardmässig angewendet.
- Es kann angenommen werden, dass die EN-131 in den ersten zehn Jahren nach Einführung einen wichtigen Beitrag für den energieeffizienten Bau neuer Gewächshäuser leistete. Nachher folgten höhere Energiepreise und das CO₂-Gesetz. Die Relevanz der EN-131 wurde dadurch geringer. Die Branche setzte von sich aus Energiesparmassnahmen um, wenn auch nicht ausschliesslich im Bereich der Gebäudehülle. Andere Massnahmen hatten schlicht das bessere Kosten/Nutzen Verhältnis.

2.4.2 Geltungsbereich

Eine Einteilung in Kategorien, um schwach beheizte Gewächshäuser abzugrenzen (Abbildung 12), wird als sinnvoll erachtet. Diese «Kalthäuser» verbrauchen gegenüber intensiven Kulturen in der Gemüse- und Zierpflanzenproduktion sehr viel weniger Energie. Sie können weiterhin in günstiger Bauform als Folientunnel mit Einfach- oder Zweifachfolie gebaut werden. Eine thermostatische Absicherung auf max. 10°C ist eine sinnvolle Massnahme. Da heutzutage aber auch bei Kalthäusern Temperatursensoren mit digitalen Steuerungen im Einsatz sind, ist diese Vorgabe anders zu formulieren. Eine jährliche Energieverbrauchsmessung ist grundsätzlich jedem Betrieb zu empfehlen. Ohne Kenntnisse von Indikatoren wie Aussentemperatur und Einstrahlung auf Basis einer mindestens monatlich geführten Energiebuchhaltung sind die typischerweise stark schwankenden Verbräuche von Jahr zu Jahr schwierig einzuordnen.

Gewächshäuser, die der Aufzucht, Produktion oder Vermarktung (Nutzung zu kommerziellen Zwecken) von Pflanzen dienen und während der Heizperiode vom 1. Oktober bis 31. März mindestens auf + 10 °C und mehr beheizt werden, gelten als Warmhäuser. Neue Warmhäuser haben den nachfolgenden Anforderungen zu genügen. Für die Sanierung, Erweiterung und Umnutzung gelten die Neuanforderungen, sofern dies technisch möglich und der Aufwand verhältnismässig ist.	Temperatur grösser + 10 °C
Kalthäuser, das heisst Gewächshäuser deren Heizungsinstallation lediglich für die Frostfreihaltung von weniger als + 10 °C ausgelegt ist, sind von den nachfolgenden Anforderungen befreit. Sie benötigen lediglich eine Energieverbrauchsmessung und eine thermostatische Absicherung.	Temperatur kleiner + 10 °C

Abbildung 12 Geltungsbereich EN-131 [Quelle: EnFK Empfehlung EN-131 Beheizte Gewächshäuser, Ausgabe Juni 2017]

Im Gegensatz zur heutigen Einteilung in eine einzige Kategorie «Warmhaus» könnte differenzierter unterschieden werden. Auf den Jahresverbrauch an Wärme macht es einen grossen Unterschied, ob am 1. Januar oder erst am 1. März mit der Warmkultur begonnen wird. Und natürlich auch, ob dann im Gewächshaus auf 12 oder 20°C geheizt wird. In Tabelle 7 sind typische Werte für Beispielbetriebe aufgeführt. Die realen Wärmeverbräuche pro Kategorie haben eine grosse Spannweite. Insbesondere die genaue Kulturwahl («Tomate ist nicht gleich Tomate») und auch die individuelle Klimastrategie des Produzenten haben einen grossen Einfluss auf den Wärmeverbrauch. Für einen fairen Vergleich müssten ausserdem die Flächen-Erträge und die Qualität der Kulturen miteinbezogen werden. Die Angabe des U-Wertes in Tabelle 7 bezieht sich auf die Anforderung der EN-131 bzw. der Richtlinien von Bio Suisse. In der Realität erreichen die Gemüsebetriebe «sehr intensiv» und die «intensiven» Gemüse- und Zierpflanzen tiefere U-Werte, da sie zwei Schirme einsetzen. Die angegebenen spezifischen Wärmeverbräuche beziehen sich auf diesen Standard.

Kultur	Produktionsart	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Gemüse	Hors-sol sehr intensiv	Bsp. Tomaten / 18..20°C											frostfrei
		Typ nach EN-131: Warmhaus				Max. U-Wert: 2.4 W/m ² K				typ. Wärmeverbrauch: 250 kWh/m ²			
Gemüse	Hors-sol/Boden intensiv	Salat	Bsp. Tomaten / 18..20°C										Salat / 5...8°C
		Typ nach EN-131: Warmhaus				Max. U-Wert: 2.4 W/m ² K				typ. Wärmeverbrauch: 200 kWh/m ²			
Gemüse	Bio (Boden)	Salat / 5...8°C	Bsp. Tomaten / 18..20°C									Salat / 5...8°C	
		Typ nach EN-131: Warmhaus				Max. U-Wert: 2.4 (2.1) W/m ² K				typ. Wärmeverbrauch: 170 kWh/m ²			
Gemüse	Hors-sol/Boden extensiv	Salat / 5...8°C				Bsp. Gurken / 18..20°C					Salat / 5...8°C		
		Typ nach EN-131: Kalthaus				Max. U-Wert: keine Vorgabe				typ. Wärmeverbrauch: 100 kWh/m ²			
Zierpflanzen	intensive Kulturen	Bsp. Pelargonien / 10...18°C					Kultur ungeheizt		Bsp. Poinsettien P13 / 15...21°C				
		Typ nach EN-131: Warmhaus				Max. U-Wert: 2.4 W/m ² K				typ. Wärmeverbrauch: 200 kWh/m ²			
Zierpflanzen	extensive Kulturen	Bsp. 1...5°C				max. 1°C							
		Typ nach EN-131: Kalthaus				Max. U-Wert: keine Vorgabe				typ. Wärmeverbrauch: 20 kWh/m ²			
Beeren	intensiv	Himbeeren / 6..13°C						ungeheizt					
		Typ nach EN-131: Warmhaus				Max. U-Wert: 2.4 W/m ² K				typ. Wärmeverbrauch: 40 kWh/m ²			
Beeren	extensiv	ungeheizt				Himb. / 6..8°C		ungeheizt					
		Typ nach EN-131: Kalthaus				Max. U-Wert: keine Vorgabe				typ. Wärmeverbrauch: 5 kWh/m ²			

Tabelle 7 Übersicht Energiewerte typische Kulturen und Produktionsmethoden

Tabelle 7 zeigt, dass mit der heutigen Regelung in der EN-131 eine grosse Spannweite als «Warmhaus» gilt, obwohl sich der Jahreswärmebedarf um rund Faktor 6 unterscheidet (Himbeeren intensiv zu sehr intensiven Tomaten). Es ist aber so, dass diese Gewächshäuser mit frühem Kulturstart

(Januar/Februar) und auch intensive Zierpflanzen-Abteile schon heute über zwei Schirme verfügen und einen U-Wert unter $2.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ aufweisen.

2.4.3 Anforderungen

Die Anforderungen an Warmhäuser (Abbildung 13) entsprechen nicht mehr der gängigen Praxis für eine intensive Produktion (hohe Innentemperaturen in den kältesten Monaten). Gewächshäuser mit intensiven Kulturen verfügen heutzutage über zwei Schirme und teilweise zusätzlich Noppenfolie auf den Wänden für eine bessere Isolation.

Mittlerer U-Wert	Die Gebäudehülle der Warmhäuser darf den mittleren U-Wert U_m von $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreiten.
Verwendung Einfachglas	Wird im Dachbereich Einfachglas verwendet, ist ein Energieschirm mit einem Wärmedurchlasswiderstand R von mindestens $0,23 \text{ m}^2\text{K/W}$ einzubauen.
Dämmung Stellplatten	Die Stellplatten zwischen den Punktfundamenten sind bis 40 cm ins Erdreich mit einem Wärmedurchlasswiderstand R von mindestens $1,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ zu dämmen.

Abbildung 13 Anforderung Warmhäuser EN-131 [Quelle: EnFK Empfehlung EN-131 Beheizte Gewächshäuser, Ausg. Juni 2017]

Für Kulturen mit tiefem Gesamtwärmeverbrauch wie Himbeeren mit knapp über 10°C im März, auch wenn sie unter «Warmhäuser» fallen (siehe Tabelle 7), ist der U-Wert von max. $2.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ hingegen betriebswirtschaftlich schon anspruchsvoll.

Die Dämmung der Stellplatten ist gemäss Rückmeldungen der Planer bei einem Neubau kein grosser Zusatzaufwand. Bei Umnutzungen, bei denen ein bestehendes, ungedämmtes Fundament nachträglich gedämmt werden muss, wird es im Vergleich zur Einsparung unverhältnismässig teuer.

In der Praxis scheinen Kantonale Behörden bereit zu sein, auf die einzelnen Anforderung an die Dämmung der Stellplatten abzusehen, solange der gesamte U-Wert eingehalten wird. Für grosse Produktionsgewächshäuser für Gemüse ist grundsätzlich auch der zweite Punkt mit dem Zwang eines Energieschirmes bei Verwendung von Einfachglas unnötig: Der gesamte U-Wert wird ohne Energieschirm nicht erreicht, die Dachfläche ist im Vergleich zur Wandfläche dominant. Für sehr kleine Abteile mit intensiven Kulturen, macht die Vorgabe weiterhin Sinn.

Der Punkt zwei bezüglich Energieschirme wird im nächsten Kapitel separat behandelt.

2.4.4 Einsparung durch Energieschirme

Bis heute existiert keine gültige Norm, welche vorgibt, wie die Einsparungen oder U-Werte von Energieschirmen zu bestimmen sind. Diese Information stammt von Herrn Thomas Rath von der FH Osnabrück (DE). Herr Rath arbeitet im Labor für Biosystemtechnik und hat 2005 selbst Messungen zur Wirkung von verschiedenen Dämmmaterialien durchgeführt. Es laufen gerade Arbeiten zu einer «Quasistandardisierung der Messung von Bedachungsmaterialien». Wann diese Arbeiten abgeschlossen und veröffentlicht werden, ist derzeit unklar (Verzögerungen wegen COVID-19 Pandemie). Ob daraus jemals eine international anerkannte Norm wird, ebenfalls.

Beim Schirmlieferanten Ludvig Svensson (SE) wird die Energieeinsparung durch die Energieschirme mit Hilfe von zwei Testgewächshäusern in Schweden bestimmt. Die Häuser sind relativ klein. Um die Nebeneffekte durch das kleine Verhältnis von Gebäudehülle zu Gebäudevolumen zu vermindern,

wurden die Seitenwände mit 10 cm Isolation abgedichtet. So wird sichergestellt, dass der grösste Teil der Wärmeverluste über die Dachfläche anfallen.

Die Tests verlaufen so, dass in einem der beiden Häuser ein Energieschirm installiert wird und im anderen nicht. Dann wird gemessen, wie die Energieverluste der beiden Häuser sind. Dabei bleibt der Energieschirm während der gesamten Messdauer geschlossen. Am Schluss werden die Messwerte verglichen und so die prozentuale Einsparung bestimmt.

Hier ist zu erwähnen, dass der Energieschirm in der Praxis nie während 24 Stunden geschlossen ist, da die Gewächshausbetreiber die Schirme tagsüber normalerweise geöffnet haben. Somit werden sich im Anwendungsfall über ein ganzes Kalenderjahr betrachtet immer tiefere Einsparungen durch die Schirme ergeben als in der Theorie. Als Erfahrungswert kann von einer Einsparung von 30% Wärmeenergie pro Jahr ausgegangen werden bei Einbau eines Energieschirmes.

Um genauere Aussagen über den Nutzen von Energieschirmen in der Praxis zu machen, können Simulationstools, wie das KASSIM-Onlinetool der Landwirtschaftshochschule Wageningen, angewendet werden. Solche Modelle entsprechen auch nicht der Realität, bilden aber die Energieeinsparung in Abhängigkeit der Schirmöffnungszeiten etwas realitätsnaher ab.

Auch die Energieschirmhersteller Ludvig Svensson arbeiten mit einem firmeninternen Modell, um die Energieeinsparungen konkreter zu berechnen. In diesem Modell werden Gewächshausstandort, Verhältnis von Gebäudehülle zur Stellwand, Anzahl Schirme, Schirmnutzungsdauer, Art der Kultur und weitere Parameter berücksichtigt.

In diesen Varianten wird jedoch kein Wärmedurchlasswiderstand ausgewiesen, wie er in der EN-131 angegeben ist. Zum Zeitpunkt der Analyse von Gewächshäusern für die Erstellung der ersten Version der EN-131 lagen keine verbindlichen Werte für die zusätzliche Wärmedämmwirkung von Energieschirmen vor (das ist leider auch heute noch so). Daher wurde der Zusatzwärmewiderstand von Energieschirmen aufgrund von physikalischen Überlegungen der Eggenberger Bauphysik AG (beauftragte Firma zur Erarbeitung der Grundlagen) auf $R_w = 0.23 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ festgelegt. Dies entspricht den Rechenwerten in der EN-131 für den Strahlungsanteil von «Sauber, halb beschichtet» und dem Wert für Luftpolster von «Abgedichtet, grössere Kammer»: $0.15 \text{ m}^2 \text{ K/W} + 0.075 \text{ m}^2 \text{ K/W} = 0.225 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (gerundet $0.23 \text{ m}^2 \text{ K/W}$), siehe Abbildung 14.

Rechenwerte für den Strahlungsteil:	$R_r \text{ m}^2\text{K/W}$	Rechenwerte für den Strahlungsteil
• Sauber, vollständig beschichtet:	0,300	
• Sauber, halb beschichtet:	0,150	
• Verstaubt, vollständig beschichtet	0,150	
• Verstaubt, halb beschichtet	0,075	
Rechenwerte für den Einfluss Luftpolster:	$R_c \text{ m}^2\text{K/W}$	Rechenwerte für den Einfluss Luftpolster
• Abgedichtete, schmale Kammer ($\leq 5 \text{ cm}$):	0,150	
• Abgedichtet, grössere Kammer ($> 5 \text{ cm}$):	0,075	

Abbildung 14 Rechenwerte Energieschirm EN-131 [Quelle: EnFK Empfehlung EN-131, Ausg. Juni 2017]

Im Gespräch mit den Firmen Ludvig Svensson und Horconex wurde festgestellt, dass einige Werte und Angaben veraltet sind. Die EN-131 gibt vor, dass der mittlere U-Wert für Warmhäuser inklusive Energieschirm maximal $2.4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ betragen darf. Mit zwei Energieschirmen, wie es heute in den meisten Fällen vorkommt, ist diese Vorgabe problemlos einzuhalten.

Eine weitere Vorgabe ist, dass bei Gewächshäusern, welche Einfachglas im Dach verwenden, zwingend ein Energieschirm mit einem Wärmewiderstand von mindestens $R=0.25 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$ verbaut werden muss. Die Ludvig Svensson schreibt einem transparenten Schirm einen U-Wert von ca. $5.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ zu. Dies entspricht einem R-Wert von 0.18, was etwas zu tief wäre, um diese Vorschrift einzuhalten.

Früher war es üblich, Schirme mit einem hohen Alu-Anteil einzusetzen. Daher war diese spezifische Vorgabe der EN-131 problemlos einzuhalten. Heute haben wegen verschärften Brandvorschriften nur noch ca. 5% aller installierten Energieschirme einen Aluminiumanteil. Schirme ohne Aluanteil haben einen deutlich höheren U-Wert, daher kann diese spezifische Vorgabe der EN-131 mit einem Einzelschirm nur noch selten eingehalten werden. Für Warmhäuser müssen daher Doppelschirmanlagen gebaut werden. Damit ist die Vorgabe dann wieder problemlos erreichbar. Abbildung 15 zeigt die Schirmdaten aus einem aktuellen Neubauprojekt (es werden zwei Schirme eingebaut).

			
TEMPA 5155 C AW		LUXOUS 1147 FR	
Produktinformationen		Produktinformationen	
Anwendung	Offenes Dach	Anwendung	Innen
System	Schiebend	System	Hängend, Schiebend
Feature	Energieeinsparung, Sonnenschutz	Feature	Energieeinsparung
Schwer entflammbar	Nein	Schwer entflammbar	Ja
Material	Polyolefin 72%, Aluminium 28%	Material	Polyester 100%
Muster	1 aluminium, 1 transparent diffus	Muster	Voll transparent
Garantie	Garantie von fünf (5) Jahren unter allen Typen von Gewächshausabdeckungen und drei (3) Jahre bei Außenanwendung. Siehe die beschränkte, schriftliche Garantie von Svensson für alle Bedingungen, Voraussetzungen und Ausnahmen.	Garantie	Garantie von fünf (5) Jahren unter allen Typen Gewächshausabdeckungen. Siehe die beschränkte, schriftliche Garantie von Svensson für alle Bedingungen, Voraussetzungen und Ausnahmen.
Eigenschaften	Wert	Einheit	Testmethoden
Schattiergrad bei diffusem Licht PAR**	58	%	Svenssonmethode
Schattiergrad bei direktem Licht PAR**	51	%	Svenssonmethode
UV-Lichttransmission ***	38	%	Svenssonmethode
Energieeinsparung	55	%	Svenssonmethode
Breite der Streifen	4.6	MM	
Gewicht	141	G/M ²	

Eigenschaften	Wert	Einheit	Testmethoden
Schattiergrad bei diffusem Licht PAR**	25	%	Protokoll NEN 2675:2018
Schattiergrad bei direktem Licht PAR**	19	%	Svenssonmethode
Schattiergrad bei direktem Licht PAR**	15	%	Protokoll NEN 2675:2018
UV-Lichttransmission ***	11	%	Svenssonmethode
Energieeinsparung	12	%	Svenssonmethode
	47	%	Svenssonmethode

Abbildung 15 Schirm mit und ohne Aluanteil [Quelle: Svensson]

2.5 U-Wert Berechnungen

2.5.1 Analyse realer Bauprojekte

Dem Autor liegen Berechnungen von verschiedenen Planern vor. Dabei zeigen sich grosse Unterschiede. Die wichtigsten Erkenntnisse:

- Die Detailtiefe der Berechnungen ist sehr unterschiedlich. Es ist nicht immer nachvollziehbar, welche Rechenschritte gemacht wurden. Welche Wärmeübergangswiderstände (von Luft auf Glas) verwendet wurden, die einen grossen Einfluss auf den U-Wert von Glas haben, sind nicht aufgeführt. Für Einfachglas (Dach), das üblicherweise 4 mm dick ist, werden entsprechend U-Werte mit grosser Spannweite von 5.5 bis 7 W/m² K aufgeführt.
- Einige Berechnungen sind nicht plausibel. Die Wärmeübergangswiderstände (von Luft auf Glas), die einen grossen Einfluss auf den U-Wert von Glas haben, wurden nicht richtig verrechnet.
- Die Einsparung in % von Energieschirmen gemäss Datenblatt wurde falsch verrechnet
- Die Rechnungen sind stark vereinfacht, Angaben zu Sprossen (Wärmebrücken) und Fundament fehlen komplett

Bei eigenen Nachberechnungen durch den Autor zeigte sich, dass trotz der Fehler und Unstimmigkeiten der U-Wert von 2.4 W/m² K eingehalten wird. Dies gilt für Gewächshäuser mit zwei Energieschirmen sowieso. Bei Gewächshäusern mit einem Energieschirm können die Werte für den Energieschirm, den Anteil der Sprossen und deren Dämmwert sowie die Fundamentdämmung das Zünglein an der Waage sein. Im Zweifelsfall kann der Wert mit kleinen Anpassungen an den Werten rechnerisch erreicht werden.

2.5.2 Eigene U-Wert Berechnungen

Im Rahmen dieses Berichtes wurden die U-Werte von drei Beispielgewächshäusern rechnerisch nach EN-131 bestimmt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in *Tabelle 8* zusammengefasst.

Bei der Einführung der EN-131 waren Energieschirme aus Aluminium üblich. Haus A₂ in der Tabelle entspricht einem kleinen Glashaus mit einem Aluminiumschirm. Heute sind transparente Schirme üblicher als Aluminiumschirme. Entsprechend wurde der U-Wert des Haus mit derselben Bauweise auch mit einem transparenten Schirm berechnet (Haus A₁). Werden die U-Werte der beiden Varianten verglichen, ist ersichtlich, dass der vorgeschriebene maximale U-Wert von 2.4 W/m² K mit einem transparenten Schirm nicht und mit einem Aluminiumschirm knapp erreicht wird.

Haus B entspricht einem modernen, grossen Gewächshaus. Es ist heute oft der Fall, dass zwei Schirme eingebaut werden. Der U-Wert von 2.4 W/m² K wird mit Reserve erreicht. Mit einem transparenten Einzelschirm ist bei diesem Haustyp der Zielwert nicht erreichbar, mit Aluminiumschirm knapp.

Eine weit verbreitete Bauart für Kalthäuser ist der Folientunnel, welcher dem Haus C entspricht. Bei Folienhäusern werden keine Energieschirme eingebaut, da dies technisch nicht realisierbar ist. Die Beispielrechnung zeigt, dass mit dieser Konstellation (Folienhaus ohne Energieschirm) die Anforderungen an den U-Wert nicht erreicht werden.

	Grundfläche	Dach	Seitenwände	Energieschirm	U-Wert
A₁: Glashaus klein	2'000 m ²	Einfachglas	Doppelglas	Ein Schirm - transparent	2.98 W/m ² K
A₂: Glashaus klein	2'000 m ²	Einfachglas	Doppelglas	Ein Schirm - Aluminium	2.30 W/m ² K
B: Glashaus gross	10'000 m ²	Einfachglas	Doppelglas	Zwei Schirme - transparent - Aluminium	1.91 W/m ² K
C: Folienhaus klein	2'000 m ²	Doppelfolie	Doppelstegplatte	Kein Schirm	2.74 W/m ² K

Tabelle 8 U-Wert Berechnung für verschiedene Gewächshaustypen

3 Heizen ohne fossile Brennstoffe

Wie in den vorhergehenden Kapiteln erwähnt, haben viele Gewächshausbetriebe eine Zielvereinbarung mit dem Bund abgeschlossen. Damit haben sie sich verpflichtet, wirtschaftliche Massnahmen zur Energieeinsparung umzusetzen. Die DM Energieberatung AG hat im Rahmen des Energiemonitorings dieser Betriebe deren CO₂-Emissionsverlauf ausgewertet. In den vergangenen 20 Jahren wird eine Emissionsreduktion von 35% festgestellt. Die Entwicklung der CO₂-Emissionen pro Hektare in den vergangenen Jahren ist in Abbildung 16 dargestellt. Die erreichte Emissionsreduktion ist beachtlich, um jedoch bis 2050 auf den Zielwert Netto-Null zu gelangen, ist eine Umstellung auf eine erneuerbare Beheizung der Schweizer Gewächshäuser unumgänglich.

In diesem Kapitel wird auf die heute vorhandenen Lösungsansätze und Herausforderungen in diesem Zusammenhang eingegangen.

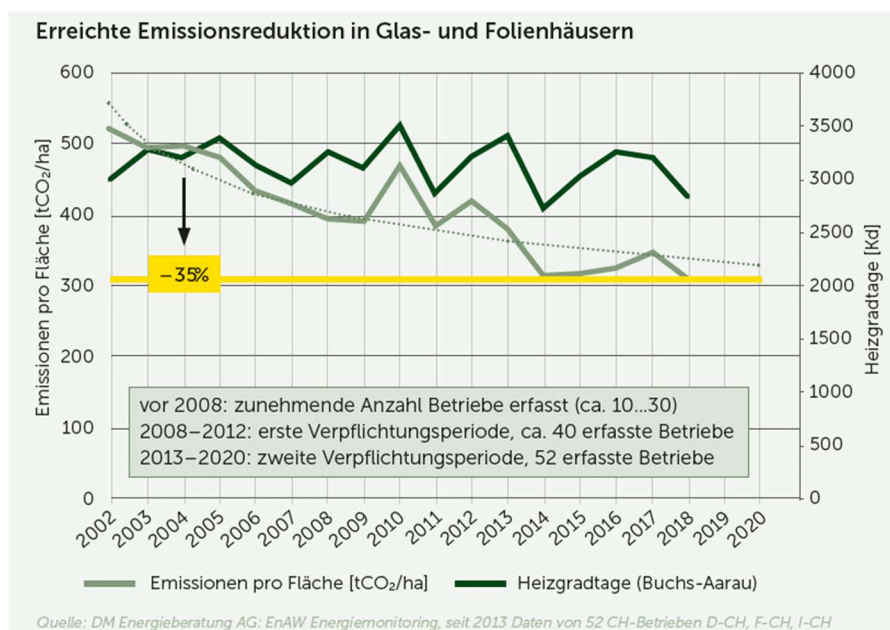


Abbildung 16 Emissionsreduktion in Glas und Folienhäusern

3.1 Heutige Energieträger

Anhand der Daten aus dem Energiemonitoring 2018 von 200 Schweizer Gewächshausbetrieben verschiedener Grössen wurde ermittelt, mit welchen Energieträgern die benötigte Wärme erzeugt wird. Es stellte sich heraus, dass die Gewächshausbranche auch heute noch ca. 90% der Heizwärme mit fossilen Brennstoffen bereitstellt.

In Abbildung 17 ist die Zusammensetzung des aktuellen Wärmemixes der Gewächshausbranche ersichtlich. Das Ziel ist es, die grössten Anteile «Heizöl» und «Erdgas» in den kommenden Jahren auf 0% zu bringen.

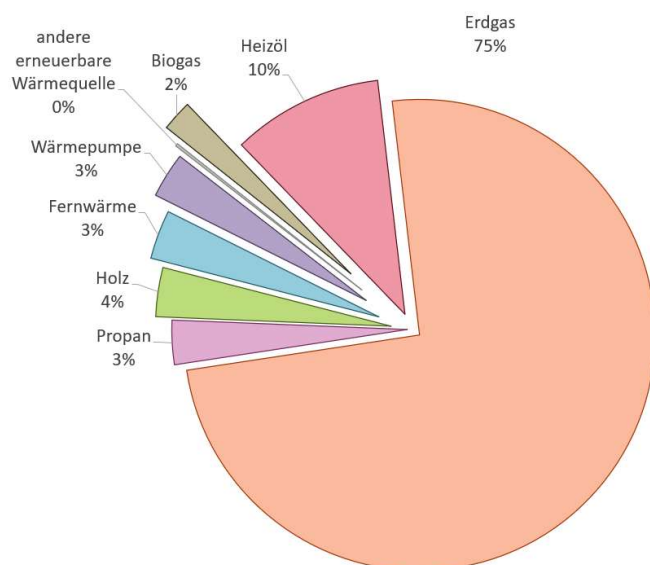


Abbildung 17 Anteile Energieträger in Glas- und Folienhäusern [Quelle: DM Energieberatung AG: EnAW Energiemonitoring 2018, Daten von 202 CH-Betrieben D-CH, F-CH, I-CH]

3.2 Spitzenlastproblematik

Bei der Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeugung muss sich die Branche verstärkt mit der Spitzenlastproblematik auseinandersetzen.

Im Gegensatz zu Wohn- oder Bürogebäuden treten bei der Gewächshausheizung kurzzeitig sehr hohe Spitzenleistungen auf. Dafür sind mehrere Aspekte verantwortlich. Gewächshäuser haben eine sehr grosse «Fensterfläche», schon bei geringer Lichteinstrahlung wird ein Gewächshaus sehr schnell durch die einfallende Licht- und Wärmestrahlung aufgeheizt. Umgekehrt steigt der Heizleistungsbedarf nach Sonnenuntergang sehr schnell an. Wenn dann der Energieschirm etwas zu spät geschlossen wird, entstehen sehr hohe Leistungsspitzen. Auch Kälteeinbrüche führen zu hohen Leistungsspitzen, weil Gewächshäuser in extremer Leichtbauweise erstellt werden und kaum Gebäudemasse zum Ausgleich von Temperaturschwankungen vorhanden ist.

Spitzenlasten, das heisst hoher Wärmeleistungsbedarf in kurzer Zeit, fallen normalerweise nur während rund 200 bis 300 Stunden pro Jahr an. Die Investitionskosten für eine erneuerbare Wärmeerzeugung für eine solch kurze Zeitspanne sind sehr hoch, was die Umstellung trotz geringerer Energiekosten unwirtschaftlich macht. Es ist daher im Zusammenhang mit alternativer Wärmeerzeugung sinnvoll, den Leistungsbedarf in Grund- und Spitzenlast aufzuteilen und die in den entsprechenden Fällen anfallende Wärmeenergie mit unterschiedlichen Technologien zu decken.

Abbildung 18 zeigt einen typischen Verlauf des Heizleistungsbedarfs eines Gewächshauses. Die in Rot gezeigte Spitzenlast entspricht nur einem kleinen Prozentsatz des gesamten Wärmebedarfs. Die Grundlast ist in Grün eingetragen.



Abbildung 18 typisches Lastprofil eines Gemüseproduktionsbetriebes mit ca. 1.5 ha Gewächshausfläche

Wird der Leistungsbedarf in der geordneten Lastgangkurve dargestellt (siehe Abbildung 19), so wird ersichtlich, dass in diesem Beispiel nur während ca. 90 Tagen eine Leistung höher als 600 kW erforderlich ist. Die maximale Spitzenleistung von ca. 1800 kW fällt nur an einem Tag an. Die rote Fläche in Abbildung 19 entspricht derjenigen Wärmeenergie, welche durch einen Spitzenlastkessel bereitgestellt werden muss (ca. 690 MWh). Die grüne Fläche entspricht der Wärmeenergie, welche durch einen Grundlastkessel erzeugt werden kann (ca. 2800 MWh). Daraus lässt sich folgern, dass der grösste Teil (ca. 80%) des gesamten jährlichen Energiebedarfes mit einer erneuerbaren Wärmeerzeugung mit 600 kW gedeckt werden kann. Dies entspricht einem Drittel der gesamten Leistung.

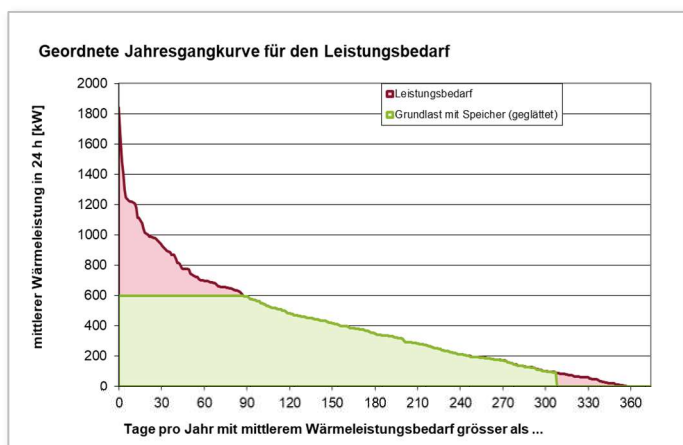


Abbildung 19 geordnete Jahresgangkurve für den Wärmeleistungsbedarf

In der Vergangenheit musste die Spitzenlastthematik kaum diskutiert werden. In einer Mehrkesselanlage mit fossilen Brennstoffen kann mit geringen Zusatzkosten eine sehr grosse Leistungsreserve verbaut werden. Mit der Umstellung auf erneuerbare Energiequellen wird das Problem zunehmend erforscht. So konnten bereits verschiedene Massnahmen aufgezeigt werden, mit denen sich die Spitzenleistung um bis zu 50% reduzieren lässt:

- Während einigen Stunden/Tagen tiefere Innentemperaturen in den Gewächshäusern zulassen.
- Energieschirme zeitweise tagsüber schliessen und verzögerte Schirmöffnung am Morgen.
- Kulturbeginn um einige Wochen verzögern (z.B. Februar statt Januar).
- Wände mit Noppenfolie nachrüsten oder in besserer Ausführung bauen (z.B. Isolierglas/mehrfach-Steigplatten)

Die genannten Massnahmen bringen jedoch Risiken mit sich. So können beispielsweise Ertragseinbussen von über 10% eintreten, es wird mehr zweitklassig Ware produziert und das Krankheitsrisiko der Kulturen erhöht sich. Ausserdem besteht bei Schneefall ein Glasbruchrisiko, wenn die Schneedecke anwächst. Bei Schneefall kann somit keine Rücksicht auf den Energieverbrauch genommen werden.

3.3 Brennstoffverbrauch Gewächshausproduktion

Im Rahmen der VSGP-Strategie wurde eine Abschätzung der Energiemengen vorgenommen, die bis 2030 respektive 2040 durch erneuerbare Quellen ersetzt werden müssen. Die Resultate sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

	Gewächs- hausfläche	Brennstoff- verbrauch 2018	davon Grundlast 80% (bis 2030)	davon Spitzenlast 20% (bis 2040)
	[ha]	[GWh]	[GWh]	[GWh]
Gemüse	225	360	288	72
Zierpflanzen	75	120	96	24
Gewächshausbranche Schweiz total	300	480	384	96

Tabelle 9 Übersicht Wärmeverbrauch der Schweizer Gewächshausproduktion mit Prognose für Einhaltung der VSGP-Energiestrategie.

Bis 2030 müssen also gesamtschweizerisch knapp 400 GWh durch erneuerbare Grundlastlösungen bereitgestellt werden. Bis 2040 kommen weitere knapp 100 GWh für die Spitzenlast dazu.

3.4 Technische Lösungsansätze

Nach heutigem Stand der Technik sind einige Alternativen zur fossilen Wärmeerzeugung bekannt. Deren Umsetzbarkeit ist jedoch in vielen Fällen herausfordernder als die fossilen Varianten. Ausserdem sind die Wärmekosten fast immer höher als mit fossilen Energieträgern. Dies sind die Hauptgründe dafür, dass sich diese Varianten bis heute noch nicht flächendeckend durchgesetzt haben.

Abbildung 20 zeigt eine Übersicht der verschiedenen Wärmeerzeugungsvarianten. Es ist ersichtlich, dass die günstigste und einfachste Variante die fossile Lösung ist (grauer Punkt unten links). Die weiss gekennzeichneten Elemente entsprechen Lösungen, welche zur Grundlastabdeckung geeignet sind. Zu den am einfachsten umsetzbaren und vergleichsweise günstigen Varianten zählen Holzkessel und Wärmepumpe. Auch der Anschluss an einen Fernwärmeverbund kann relativ einfach umgesetzt werden, wenn ein Anbieter vorhanden ist. Die Wärmekosten gestalten sich jedoch sehr unterschiedlich, je nach Wärmegestehungs- und Netzkosten der Anbieter. Zudem muss sichergestellt sein, dass die im Netz zur Verfügung gestellte Wärme auch wirklich aus erneuerbaren Quellen stammt.

Ebenfalls im Bereich der tieferen Wärmekosten liegt die mitteltiefe Geothermie. Planung und Bau sind jedoch mit grossen Risiken und Herausforderungen verbunden, da die geologischen Verhältnisse in der Schweiz noch nicht weit genug erforscht sind, um zuverlässige Prognosen über den Ertrag solcher Projekte zu machen.

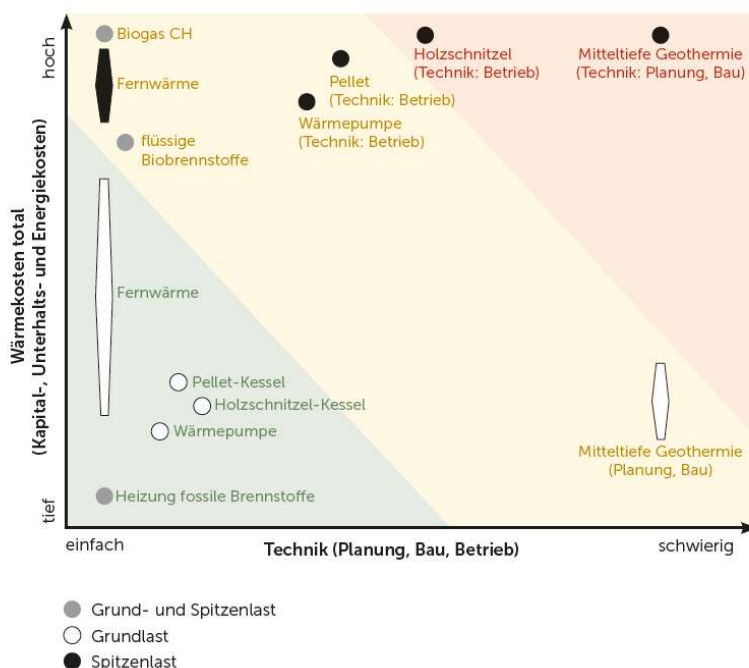


Abbildung 20 Übersicht technische Lösungsansätze, Wärmekosten gegenüber technischer Umsetzbarkeit

Zusammenfassend eignen sich zur Grundlastabdeckung mit erneuerbaren Lösungen Holzkessel, Wärmepumpen und Fernwärmenetze.

Wie bereits im Kapitel 3.2 erläutert, sind für die Spitzenlast erneuerbare Lösungen aus finanzieller Sicht in den wenigsten Fällen geeignet. Sie führen allesamt zu hohen Wärmegestehungskosten und sind auch hinsichtlich technischer Aspekte oft schwierig umsetzbar und risikobehaftet.

Eine Spitzenlastabdeckung durch Biogas, flüssige Biobrennstoffe oder Fernwärme sind zwar technisch einfach und mit relativ geringem Investitionsaufwand zu lösen, bringen jedoch hohe Energiekosten mit sich. Pelletheizungen und Wärmepumpen in hohen Leistungsbereichen zu betreiben, birgt technische Herausforderungen beim Betrieb. So wird zum Beispiel eine Wärmepumpe mit Umgebungswärme als Quelle umso ineffizienter, je tiefer die Aussentemperatur ist. Tiefe Aussentemperaturen sind aber der wesentliche Grund für den Spitzenlastbetrieb. Holzschnitzelheizungen und mitteltiefe Geothermie im Spitzenlastbetrieb gehören zu den technisch herausforderndsten und teuersten Varianten und werden oft nur von Firmen mit Pioniergeist umgesetzt.

3.5 Investitionsmehrkosten erneuerbarer Wärmeerzeugung

Die DM Energieberatung AG hat Investitionsmehrkosten für den Bau einer erneuerbaren Grundlast-Wärmeerzeugung untersucht. Dabei hat sie die Mehrinvestitionen von Wärmepumpen und Holzkesseln im Vergleich zur Sanierung von bestehenden Kesselanlagen ermittelt. Die Kosten wurden für 24 Projekte (davon 9 umgesetzt/in Umsetzung und 15 als Konzeptstudie vorliegend) analysiert und die Resultate wurden in der Abbildung 21 zusammengefasst. Die blauen Punkte zeigen die Mehrkosten pro Hektare bei einer Umstellung auf eine Wärmepumpe, die grünen Quadrate beim Bau eines Holzkessels. Die Mehrkosten bewegen sich zwischen CHF 200'000 und CHF 1.6 Mio. pro Hektar. Tendenziell gilt, je geringer die beheizte Gewächshausfläche, desto höher die spezifischen Mehrkosten. Die ermittelten Mehrinvestitionen umfassen lediglich die Kosten zur Grundlastabdeckung. Die Spitzenlast wird in diesen Beispielen weiterhin mit fossilen Kesseln abgedeckt.

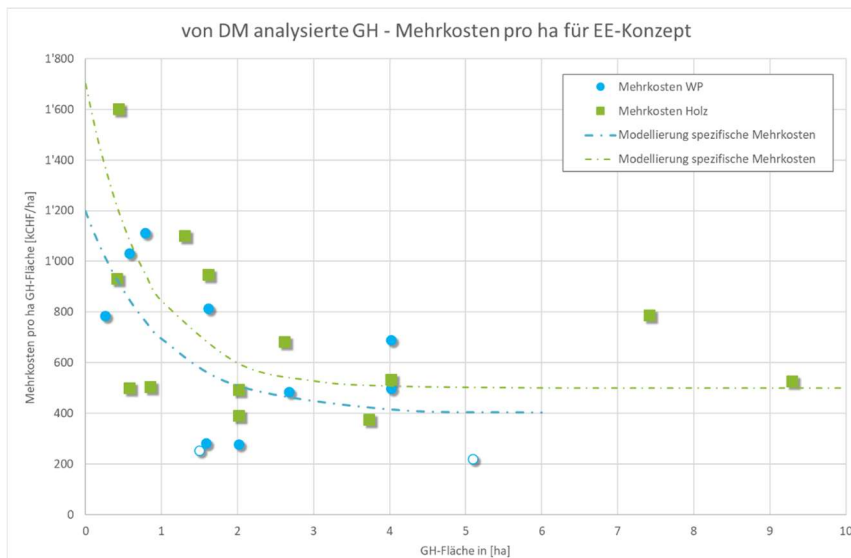


Abbildung 21 Grafik Mehrkosten pro Hektare Gewächshausfläche bei Umstellung der Grundlast auf erneuerbare Wärmeerzeugung

Zur Abschätzung der mit der Umstellung verbundenen Mehrkosten werden weitere Analysen der DM Energieberatung AG beigezogen.

Für die Umstellung der Grundlast von 26 fossil beheizten Gewächshäusern mit einer Gesamtfläche von 84 ha wird mit Investitionskosten von rund CHF 37 Mio. gerechnet. Dies entspricht mittleren spezifischen Investitionskosten von CHF 440'000/ha beheizte Gewächshausfläche. Die mit der Umstellung verbundene CO₂-Emissionsreduktion beträgt 31'600 Tonnen pro Jahr. Die jährlichen Mehrkosten belaufen sich auf CHF 6.4 Mio. Somit betragen die spezifischen Kosten zur Vermeidung der CO₂-Emissionen 203 CHF/t.

Auf einen durchschnittlichen Betrieb mit 3.2 ha beheizter Fläche heruntergerechnet ergeben sich die folgenden Werte:

• Investitionskosten (einmalig)	1.4 Mio.	CHF
• jährlichen Mehrkosten (nur Grundlastabdeckung, inkl. Kapitalkosten)	250'000	CHF
• spezifische Mehrkosten (Erhöhung der Produktionskosten pro m ²)	7.60	CHF/m ²
• jährliche Emissionsreduktion	1'200	t CO ₂

Diese Auswertung zeigt, dass bereits die Umstellung der Grundlast mit beträchtlichen Mehrkosten verbunden ist.

Eine Spitzenlastabdeckung mit Wärmepumpe oder Holzkessel ist in den meisten Fällen nicht bezahlbar. Daher wurde für eine grobe Kostenschätzung davon ausgegangen, dass die gesamte Spitzenlast gemäss Tabelle 9 mit Biogas und flüssigen Biobrennstoffen abgedeckt wird. Somit ergeben sich die folgenden Zusatzkosten:

• jährliche Energiekosten	90	CHF/MWh
• Mehrkosten Gemüsebranche	6.5 Mio.	CHF
• Mehrkosten Zierpflanzenbau	2.2 Mio.	CHF
• spezifische Mehrkosten (Erhöhung der Produktionskosten pro m ²)	2.90	CHF/m ²

Zusammenfassend bedeutet dies, dass insgesamt mit spezifischen Mehrkosten von 10.5 CHF/m² (7.6 CHF/m² Grundlast plus 2.9 CHF/m² Spitzenlast) gerechnet werden muss. Das entspricht einer Erhöhung der Produktionskosten von rund 25 Rp. pro Kilogramm Tomaten. Heute betragen die Energiekosten von Gewächshausbetrieben zwischen 10 – 20 CHF/m². Die Umstellung auf erneuerbare Wärmeherstellung bewirkt also eine Kostensteigerung um 50% bis 100%. Betrachtet man nur die Grundlast, so beträgt die Kostensteigerung rund 50%. Ungefähr die Hälfte dieser Mehrkosten lassen sich durch Fördergelder decken. Die andere Hälfte wird bis heute von den Gewächshausbetrieben selbst getragen. Eine Abgeltung des ökologischen Mehrwertes von ca. 23 Rp. pro Kilogramm Tomaten durch den Detailhandel in Form von höheren Einkaufspreisen war bis anhin kein Thema.

3.6 Klimaschutzprogramm

Die Stiftung myclimate hat ein Förderprogramm speziell für Schweizer Gewächshausbetriebe ausgearbeitet. Bei einer Umstellung auf ausgewählte fossolfreie Technologien erhalten die Betriebe in der Zeitspanne von 2021 bis 2030 jährlich CHF 115 pro reduzierte Tonne CO₂. Dies entspricht bei einem durchschnittlichen Produktionsbetrieb jährlich etwa CHF 30'000 pro Hektare Gewächshausfläche. Dazu zählen Holzheizungen (Pellet oder Schnitzel), Wärmepumpen (zugelassene Wärmequellen: Grundwasser, Erdsonden, Luft, ARA), Anschluss an einen Wärmeverbund mit bestimmten Technologien. Zudem werden auch Neubauten gefördert. Diese Fördergelder können jedoch nur ausgeschüttet werden, wenn erneuerbare Energie in Gewächshäusern nicht gesetzlich vorgeschrieben ist.

Nach Stand November 2021 haben sich über 50 Betriebe für das Förderprogramm angemeldet. Für 34 Betriebe wurde eine Konzeptstudie gemacht. Einige dieser Betriebe befinden sich aktuell in der Phase Vorprojekt/Bau. Bis Ende November 2021 werden mindestens zwei Betriebe ihre fossolfreie Heizung in Betrieb genommen haben. Bei 14 weiteren Betrieben ist eine Konzeptstudie in Arbeit und für 10 Betriebe ist eine Konzeptstudie vorgesehen. Bei Umsetzung aller Projekte ergibt sich eine jährliche Emissionseinsparung von 26'000 Tonnen CO₂.

4 Fazit

Der vorliegende Bericht zeigt, dass Mehrinvestitionen in den Ersatz fossiler Brennstoffe zwar hoch sind, aber dafür vielfach zu höheren und schnelleren Emissionsreduktionen führen als verschärfte Vorschriften an die Gebäudehülle.

Um die hohen Mehrkosten, welche durch den Ersatz fossiler Brennstoffe verursacht werden, abzufedern, ist die Branche zwingend auf Förderbeiträge des Förderprogrammes für Gewächshausbetriebe von myclimate angewiesen. Eine Auszahlung dieser Förderbeiträge ist aber nur möglich, wenn diese Umstellung nicht durch gesetzliche Vorschriften zwingend verlangt wird.

Der in der aktuellen EN-131 für Warmhäuser vorgegebene U-Wert, kann mit den heute verfügbaren Materialien gut erreicht werden. Bei modernen Gewächshäusern werden die Vorgaben teilweise sogar deutlich übertroffen. Andererseits führt die gute Gewächshaushülle dazu, dass diese Häuser heute oft deutlich länger beheizt werden, als dies früher üblich war. Daher empfehlen wir für ganzjährig beheizte Gewächshäuser eine neue Kategorie zu definieren, welche strengeren Anforderungen unterstellt wird. Im Gegenzug würden sich bestimmte Branchenvertreter wünschen, dass Doppelfolienhäuser als Warmhäuser zugelassen werden und die U-Wert-Vorgaben für diese entsprechend angepasst werden.

Um eine einheitliche Berechnung der U-Werte in der Gewächshausbaubranche zu gewährleisten, ist eine Anpassung/Ergänzung der Berechnungsmethode für die U-Werte denkbar.

Zudem wird empfohlen, bewährte und wirtschaftliche Standardmassnahmen aus der Praxis in den Vorgabenkatalog aufzunehmen. Beispiele für solche Standardmassnahmen sind die Isolation der Heizungsrohre, die nicht der eigentlichen Wärmeabgabe dienen oder die Installation eines Temperaturfühlers oberhalb der Energieschirme für eine verzögerte Schirmöffnung.

5 Anhang

Liste der Gesprächspartner

Gewächshaus-Planer:	gvz-rossat, Peter Affentranger Gysi Berglas, Daniel Berglas Deforche Construct (BE), Steven Vervenne (Vermittlung durch Sansonnens) Horconex (NL), Nicolas Bernhard
Schirm-Produzenten:	AB Ludvig Svensson (SE), Markus Balan AB Ludvig Svensson (SE), Hugo Plaisir Franz Schumann GmbH (DE), Stefan Loser
Verbände:	VSGP, Matija Nuic Jardin Suisse, Josef Poffet SOV, Jimmy Mariéthoz
Behörden:	Kanton Zürich, AWEL, Silas Gerber Kanton Zürich, AWEL, Christoph Gmür Kanton Zürich, ALN, Christoph Gubler

Anforderungen an Gewächshäuser – Beschreibung Ist-Zustand und Vorschlag weiteres Vorgehen



Auftraggeber: AWEL, Abteilung Energie, Zürich
Auftragnehmer: DM Energieberatung AG, Brugg

Versions-Nr.	Datum	Verfasser	hauptsächliche Änderungen
1.0	30.09.2021	Thomas Grieder	Erstellung
1.1	10.11.2021	Sara Willi	Rückmeldungen Silas Gerber verarbeitet

Inhaltsverzeichnis

1	Gesetzliche Grundlagen	3
1.1	Bundesgesetze.....	3
1.2	Kantonale Gesetzgebung.....	4
1.3	Zusammenfassung.....	4
2	Herkunft des EN-131.....	5
2.1	Stossrichtungen 1991.....	5
2.2	Beurteilung der Vorschläge	5
2.3	Vernehmlassung 1992	6
3	Technische Entwicklungen	7
3.1	Gewächshaustechnik.....	7
3.2	Produktionstechnik	7
4	Anregungen für weitere Schritte	7
4.1	Vorschlag neue EN-131	7
4.2	Weitere Ansatzpunkte für regulatorische Eingriffe	10
4.3	Anteil erneuerbare Energiequellen	10

1 Gesetzliche Grundlagen

1.1 Bundesgesetze

1.1.1 CO₂-Gesetz

Das vom Stimmvolk am 13. Juni 2021 abgelehnte CO₂-Gesetz hatte zum Ziel, die Treibhausgasemissionen der Schweiz so weit zu vermindern, dass damit ein Beitrag zu den weltweiten Anstrengungen zur Begrenzung der Klimaerwärmung geleistet wird. Auch das bisherige CO₂-Gesetz folgte diesem Grundsatz. Da der Bundesrat auch nach der Ablehnung des neuen CO₂-Gesetzes an diesen Zielen festhält, soll bis im Dezember 2021 eine neue Vorlage ausgearbeitet werden. Damit ist der Rahmen für alle Verminderungsverpflichtungen im Wesentlichen abgesteckt:

- Bis 2030 Reduktion der Treibhausgasemissionen um 50% gegenüber 1990
- Bis 2050 Reduktion um 100% (netto 0)

Das neue (abgelehnte) CO₂-Gesetz enthielt konkrete Anforderungen an die Emissionen, die von **Gebäudeheizungen** verursacht werden:

- Altbauten: ab 2023 maximal 20 kg/m², Reduktion um 5 kg/m² in 5 Jahresschritten (20 kg/m² entspricht 110 kWh_o Erdgas pro Quadratmeter)
- Neubauten: keine CO₂-Emissionen

Die Umsetzung dieser Ziele soll durch die Kantone erfolgen.

An **industrielle Produktionsanlagen** stellt das Gesetz keine direkten Anforderungen. Die Emissionen der Industrie sollen über die Mechanismen der Zuteilung von Emissionsrechten (Emissionshandelssystem) und die Verminderungsverpflichtung (Befreiung von der Abgabe) reduziert werden. Für Firmen mit Verminderungsverpflichtung gilt dabei der Grundsatz, dass sich der Umfang der Verminderung am **wirtschaftlich realisierbaren Potenzial** orientiert. Gewächshäuser gelten nach Anhang 7 der bisher geltenden CO₂-Verordnung als ebensolche industrielle Produktionsanlagen und können eine Verminderungsverpflichtung eingehen.

Stellt man sich also auf den Standpunkt, dass ein Gewächshaus eine Produktionsanlage für Lebensmittel ist, vergleichbar z.B. mit einer Brauerei, Käserei etc. so entspricht die Energiestrategie der Branchenverbände voll und ganz dem Sinn dieses Gesetzes.

- Eine fossilfreie Produktion zum heutigen Zeitpunkt wird nicht gefordert.
- Für verpflichtende Massnahmen gilt der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit. Dieser ist bei fossilfreier Heizung heute in den seltensten Fällen gegeben.

Beim Zeitplan ist die Energiestrategie der Branche (VSGP und Jardin Suisse) sogar anspruchsvoller als diejenige des Bundes. Bis 2030 sollen bereits 80% der Emissionen vermieden werden und schon 2040 100%.

1.1.2 Energiegesetz (EnG)

Das Energiegesetz regelt die Zuständigkeit von Bund und Kantonen bei den Bemühungen zur sparsamen und effizienten Energienutzung.

- Der Bund selbst erlässt Vorschriften für serienmässig hergestellte Anlagen, Fahrzeuge und Geräte.
- Der Gebäudesektor wird den Kantonen zugeordnet.
- Für **Unternehmen** sieht der Bund das Mittel der Zielvereinbarung vor. Hier gilt wieder der Grundsatz der **wirtschaftlichen Tragbarkeit** von Massnahmen.

1.2 Kantonale Gesetzgebung

1.2.1 Energiegesetz Kanton Zürich (EnerG)

Das Energiegesetz des Kantons Zürich enthält die konkrete Vorgabe, bis ins Jahr 2050 den CO₂-Ausstoss pro Einwohner und Jahr auf 2,2 Tonnen zu senken (entspricht rund 900 Liter Heizöl oder Diesel pro Jahr und Einwohner).

Für Neubauten (im Gesetz ist nicht definiert, um welche Art von Neubauten es sich handelt) gilt der Grundsatz, dass maximal 80% der für Heizung und Brauchwassererwärmung benötigten Energie aus nicht erneuerbaren Quellen gedeckt werden darf.

Für **Grossverbraucher** gilt die Anforderung, dass **zumutbare** Massnahmen zur Verbrauchsreduktion realisiert werden müssen. In der Praxis gilt auch hier das Kriterium der Wirtschaftlichkeit, d.h. eine Paybackzeit von 4 Jahren bei Produktionsanlagen und 8 Jahren bei Haustechnik und Gebäude.

Im Energiegesetz ist auch der Gebäudeenergieausweis (GEAK) verankert, der für «bestimmte Bauten» verlangt werden kann.

1.2.2 Baugesetz und -verordnung Kanton Zürich

Die besondere Bauverordnung I (BBV I) bestimmt, dass die kantonale Baudirektion **Wärmedämmvorschriften** für alle **geheizten «Bauten und Anlagen»** erlässt. Gemäss der Definition von Bauten und Anlagen im Baugesetz sind Gewächshäuser eindeutig als Bauten zu bezeichnen. Somit basiert die EN-131 letztlich auf dieser besonderen Bauverordnung und es ist eine Pflicht der Baudirektion, Wärmedämmvorschriften für Gewächshäuser zu erlassen.

In der besonderen Bauverordnung I ist auch der Grenzwert von 10°C Heiztemperatur im Winter enthalten. Die Baubewilligungsbehörde kann für Bauten und Anlagen, die im Winter nicht über 10°C beheizt werden eine Erleichterung von den Wärmedämmvorschriften gewähren.

1.3 Zusammenfassung

- Betrachtet man ein Gewächshaus als **industrielle Produktionsanlage**, so gibt es keine gesetzliche Grundlage für die Forderung des Postulats 24/2019. Der Kanton Zürich müsste einen Sonderweg beschreiten, der sich auf kein Bundesgesetz zurückführen lässt.
- Betrachtet man dagegen das Gewächshaus als **Gebäude**, so hätte das neue CO₂-Gesetz eine solche Forderung unterstützt resp. vorgesehen. Das Gesetz wurde aber vom Stimmvolk abgelehnt. Somit ist auch diese Forderung nicht rechtsgültig.
- Nach Bundesgesetz werden die CO₂-Emissionen der **Industrie** grundsätzlich über Zielvereinbarungen und basierend auf **wirtschaftlichen Massnahmen** beeinflusst. Massnahmen mit einer Rückzahldauer von mehr als 8 Jahren bei Infrastrukturen, bzw. 4 Jahren bei Produktionsanlagen, sind nicht verpflichtend. Somit ist auch eine Umstellung auf eine fossilfreie Wärmeerzeugung in den allermeisten Fällen wegen den hohen Investitionskosten nicht gesetzlich verpflichtend.
- Der Kanton erlässt **Wärmedämmvorschriften** für geheizte Bauten. Es muss also auch in Zukunft etwas wie die EN-131 geben, worin Dämmwerte für Gewächshaus-Neubauten festgelegt sind.
- Basierend auf dem kantonalen Energiegesetz könnte eine 80%/20%-Regel für einen minimalen Anteil an erneuerbaren Wärmequellen für Neubauten begründet werden. Hier taucht aber wieder die Streitfrage auf, ob ein Gewächshaus ein «Neubau» oder eine Produktionsanlage ist.

2 Herkunft des EN-131

2.1 Stossrichtungen 1991

1991 beauftragte das Wasser und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) die Eggenberger Bauphysik AG damit, Entscheidungs- und Gestaltungsgrundlagen zur Ausarbeitung einer Energieverordnung für Gewächshäuser auszuarbeiten. Zweck dieser Verordnung war es, die Umweltbelastung wirksam zu minimieren, dabei aber auch die Anliegen der Produzierenden hinreichend zu erfüllen. Im damaligen Bericht wurde der teilweise bis heute anhaltende Zielkonflikt zwischen wirksamen Energiesparmassnahmen, Kulturbedingungen und betriebswirtschaftlichen Aspekten beschrieben.

Der Bericht enthält drei Vorschläge für mögliche Stossrichtungen:

- A. **Gemessene Energiekennzahl:** Messung und Nachweis des tatsächlichen Heizenergieverbrauchs im Betrieb. Einheitlicher Grenzwert in kWh/m² für alle Gewächshäuser.
- B. **Berechnete Energiekennzahl:** rechnerische Ermittlung des Heizwärmebedarfs bei der Planung, ähnlich SIA 380/1. Keine Erhebung des tatsächlichen Verbrauchs. Einheitlicher Grenzwert in kWh/m² für alle Gewächshäuser.
- C. **Nachweis für Einzelbauteile:** Energetische Mindestanforderungen an die verwendeten Bauteile ähnlich SIA 180.

Damaliger Vorschlag:

- | | |
|---------------------------------------|------------------------|
| • Dach- und Wandverglasung | 2.0 W/m ² K |
| • Rahmen der Verglasungen | 2.5 W/m ² K |
| • opake Flächen | 0.4 W/m ² K |
| • Fundamentwände (80 cm ins Erdreich) | 0.4 W/m ² K |
| • Energieschirm | |

2.2 Beurteilung der Vorschläge

Im Bericht wurden die drei Vorschläge nach den folgenden Kriterien beurteilt:

- Effizienz für Umwelt und Betrieb
- Entwicklungsmöglichkeit der Betriebe
- Kontrolle durch Aufsichtsorgane
- Handhabung durch Planer

Hinsichtlich der Umwelteffizienz wurde Variante A als effizienteste und Variante C als am wenigsten effiziente Lösung eingestuft, da Energiemessungen helfen würde, kostengünstiger zu produzieren. Hier wurde zudem das Argument erwähnt, dass mit Variante A ein Anreiz entstehe, Umweltenergien zu nutzen.

Variante A wurde als Variante mit der höchsten Flexibilität, was die Betriebsentwicklung angeht beurteilt. Varianten B und C wurden bezüglich der Betriebsentwicklung als starr bewertet, da durch die Vorschrift von gewissen Anforderungen an die Bauteile im Planungsprozess finanzielle Mittel gebunden werden, welche dann nicht mehr für andere Effizienzmassnahmen zur Verfügung stehen.

Bezüglich des Kontrollaufwandes wurde Variante A als aufwändigste eingestuft, während Varianten B und C mit einem einmaligen Verwaltungsaufwand abgetan wären.

Hinsichtlich der Anforderungen an Gewächshausplaner wurde aufgezeigt, dass der Vorschlag A für Planende nicht fehlertolerant wäre. Bei Varianten B und C wurden Fehleinschätzungen von Planenden

hingegen als weniger relevant eingestuft. Variante C wurde als einfachste Lösung für die Planenden identifiziert. Die Planenden müssten sich keine Gedanken über bessere Möglichkeiten machen, sondern könnten einfach ein der Vorschrift genügendes Bauteil aus dem Katalog auswählen.

Die Eggenberger Bauphysik AG schlug anschliessend das folgende dreistufige Konzept vor:

1. kleinste Gewächshäuser: Einzelbauteilnachweis nach Vorschlag C
2. kleine und mittlere Gewächshäuser: gemessene Energiekennzahl nach Vorschlag A, Kontrolle durch Fachverbände und Beizug von Behörden nur bei Vorschriftenüberschreitung
3. grosse Gewächshäuser: gemessene Energiekennzahl nach Vorschlag A und Kontrolle durch die Behörde.

2.3 Vernehmlassung 1992

Im Frühling 1992 führte das WEA eine Vernehmlassung zum Entwurf der Verordnung durch. Sechs Fachgruppen nahmen dazu Stellung und die Eggenberger Bauphysik AG analysierte die Rückmeldungen. Die folgenden Punkte wurden generell akzeptiert:

- Der Sinn einer Energieverordnung an und für sich.
- Das darin enthaltene Konzept eines mittleren U-Wertes über die Gewächshaushülle (Abart von Variante C).
- Eine Unterscheidung in Warm- und Kalthäuser basierend auf einer Heiztemperatur von 10°C. Die Verordnung soll nur für Warmhäuser gelten.
- Grundsatz einer luftdichten Bauweise.

Nicht einverstanden waren einige Parteien mit dem Mass des mittleren U-Wertes. Es wurde eine Anhebung auf einen Wert nahe 3.0 W/m²K gewünscht. Weitere Argumente gegen die vorgesehenen Regulierungen waren Kosten, Lichteinbusse und Schneelast.

Zum Kostenargument wurde im Bericht gesagt, dass Umweltschutz zwar teuer sei, dass aber gleichzeitig eine intakte Umwelt die Voraussetzung dafür ist, damit die Branche langfristig produzieren kann. Ausserdem wurde in Berechnungen und konkreten Beispielen aufgezeigt, dass auf dem Markt bereits technische Lösungen vorhanden waren, mit denen die Anforderungen ohne übermässige Mehrkosten erfüllbar waren.

Zum Zeitpunkt der Analyse lagen keine verlässlichen Daten für die Dämmwirkung von Energieschirmen vor. Daher wurde der Wärmewiderstand von Energieschirmen aufgrund von physikalischen Überlegungen der Eggenberger Bauphysik AG auf $R_w=0.23 \text{ m}^2\text{K/W}$ festgelegt.

Aus der gesamten Analyse gingen schliesslich die folgenden Formulierungen hervor:

- Nur Warmhäuser (ab 10°C beheizt) werden der Verordnung unterstellt.
- Die Gewächshaushülle (inkl. Wärmeschutzeinrichtungen wie Energieschirm, exkl. Boden und Randdämmung im Perimeter) soll einen maximalen U-Wert von 2.4 W/m²K aufweisen.
- Bei Umbauten und Erweiterungen gelten höhere mittlere U-Werte von max. 3.0 W/m²K
- Die Luftdichtung der Gebäudehülle muss fachgerecht sein. Lüftungsöffnungen sind dicht schliessend zu gestalten
- Aussenwände sollen bis 80 cm ins Erdreich gedämmt werden (Mindestwärmedurchlasswiderstand von $R_w = 1.4 \text{ m}^2\text{K/W}$).

3 Technische Entwicklungen

3.1 Gewächshaustechnik

Gegenüber 1992 sind verschiedenen neue Materialien verfügbar.

Wände:

- Isolierglas, d.h. zwei Glasscheiben mit luftdichtem Randverbund, sind heute bei Wohn- und Bürogebäuden sehr weit verbreitet. Mehrpreis gegenüber Doppelglas (zwei einzelne Scheiben ohne luftdichten Randverbund) evtl. auch bei Gewächshäusern vertretbar
- Stegplatten mit einer oder mehreren Luftkammern
- Noppenfolie für zusätzliche Dämmung
- Rollschirme für die Seitenwände

Dach:

- Stegplatten, wenn Lichtdurchlässigkeit keine hohe Priorität hat
- Aufgeblasene Doppelfolie; ebenfalls nur dann, wenn Lichtdurchlässigkeit nicht vordringlich ist
- Noppenfolien auch als Eindeckungsmaterial für den Dachbereich verfügbar
- Doppelschirmanlagen

Lufthaushalt:

- Aktive Belüftungssysteme für einen kontrollierten Luftwechsel verfügbar, z. T. auch mit Wärmerückgewinnung
- Gewächshausentfeuchtung mit Wärmepumpentrockner

3.2 Produktionstechnik

Die Anzahl der produzierenden Zierpflanzenbetriebe ist seit 1992 sehr stark zurückgegangen. Es gibt nur noch sehr wenige produzierende Zierpflanzenbetriebe. Die Intensität der Produktion und damit die Intensität der Beheizung wurde stark reduziert.

Bei der Gemüseproduktion fand die umgekehrte Entwicklung statt. Es wurden viele und auch grosse Gewächshausanlagen gebaut. Die Intensität der Bewirtschaftung und damit der Beheizung hat in den letzten Jahren bei einigen Produzenten stark zugenommen. Einzelne Betriebe pflanzen bereits mitten im Winter an (Produktionsbeginn Dezember anstatt Februar/März).

Mit einer Zunahme der fossilfreien Wärmeerzeugung wird sich dieser Trend noch verstärken. Um die hohen Investitionskosten einer fossilfreien Wärmeerzeugung zu amortisieren, tendieren die Betriebe dazu, die Laufzeit der Anlagen zu erhöhen und auch im Winter zu kultivieren. Speziell bei Biomasse-Anlagen fällt dabei der erhöhte Brennstoffbedarf nicht sehr ins Gewicht, da der Holzbrennstoff selbst im Vergleich mit Gas und Öl günstig ist.

4 Anregungen für weitere Schritte

4.1 Vorschlag neue EN-131

Aus der eidgenössischen und kantonalen Gesetzgebung ergibt sich die Pflicht der Kantone, Wärmedämmvorschriften für Gewächshäuser zu erlassen. Die technischen und betrieblichen Voraussetzungen haben sich seit 1992 stark verändert. Daher ist eine Überarbeitung des EN-131 angebracht.

Die Gespräche mit den Branchenvertretern legen nahe, dass eine Aufteilung in mehr als zwei Kategorien von Gewächshäusern eine breite Akzeptanz finden dürfte.

4.1.1 Vorschlag vier Kategorien:

Die heutige Aufteilung in zwei Kategorien sollte sinnvollerweise erweitert werden, und zwar sowohl nach oben, wie auch nach unten. Wir schlagen vor, sowohl die Warmhäuser, wie auch die Kalthäuser nach heutiger Definition in je zwei Unterkategorien zu unterteilen:

- Sehr intensiv genutzte Häuser: Sollwert Nacht > 10°C ganzjährig
- Intensiv genutzt Häuser: Sollwert Nacht > 10°C nach 15. Februar und bis 30. September oder bis zum Ende der effektiv bewirtschafteten Periode von Salatgurken (gemäss dem Leitfaden «Importregelung Früchte und Gemüse» aktuell 8. Oktober)¹
- Extensiv genutzte Häuser: Sollwert Nacht > 10°C nur von 1. April bis 30. September oder bis zum Ende der effektiv bewirtschafteten Periode von Salatgurken (gemäss dem Leitfaden «Importregelung Früchte und Gemüse» aktuell 8. Oktober)
- Kalthäuser: ungeheizt oder nur frostfrei, Beheizung an maximal 100 Stunden pro Jahr. Alternativ statt Stundengrenze: auf maximal 5°C

Begründung:

- Ein Produktionsbeginn mitten im Winter erhöht (bei gleicher Bauweise des Gewächshauses) den Energiebedarf massiv. Für solche Häuser sollen die besten heute verfügbaren Materialien eingesetzt werden.
Es kann diskutiert werden, ob diese Vorschriften dann auch für fossilfrei geheizte Häuser gelten sollen.
- Für Kalthäuser gibt es heute keinerlei Anforderungen an die Hülle. Das erlaubt eigentlich eine Beheizung sogar der minderwertigsten Einfachfolientunnel auf durchgehend 10°C im Winter. In der Praxis wird das kaum der Fall sein, da in diesem Fall Aufwand und Ertrag in keinem Verhältnis stehen. Trotzdem stellt dieser Punkt einen Mangel der bestehenden EN-131 dar.

Die genaue Abgrenzung, die Kriterien und Zahlenwerte müssen in Zusammenarbeit mit den Branchenvertretern präzisiert werden.

4.1.2 Art des Nachweises

Die Auswertung der Nachweise von verschiedenen Planungsbüros hat ergeben, dass die Berechnungsmethoden nicht einheitlich sind. Die Berechnung des mittleren U-Wertes wird nicht immer sehr detailliert durchgeführt.

Für Energieschirme gibt es keine einheitliche Messmethode des Wärmewiderstandes. Genommen ist es auch nicht der Schirm selbst, der die Wärmedämmung bewirkt, sondern das Luftpolster zwischen Schirm und Dach, resp. zwischen den beiden Schirmen.

¹ http://www.swisscofel.ch/wAssets/docs/news/Leitfaden_Violett_Importregelung.pdf

In der 'effektiv bewirtschafteten Periode' gilt ein erhöhter Importansatz als Importschutz für heimische Früchte und Gemüse. In der 'bewirtschafteten Periode' gilt ein tieferer Importansatz. Es steht zur Diskussion, auch die in der 'bewirtschafteten' und nicht nur die in der 'effektiv bewirtschafteten Periode' produzierten Produkte unter Importschutz zu stellen.

Aus dieser Sicht erscheint ein Einzelbauteilnachweis sinnvoller als der Nachweis eines mittleren U-Werts.

Andererseits bietet ein Nachweis über den mittleren U-Wert dem Planer eine gewisse Freiheit. Ein schlechterer U-Wert z.B. bei den Wänden kann mit einem besseren Energieschirm kompensiert werden.

Die Dämmung der Fundamente ist bei grösseren Gewächshäusern eigentlich irrelevant und könnte fallengelassen werden. Der Anteil des Fundamentes am spezifischen Wärmeverlust beträgt weniger als 3% bei gedämmten und weniger als 5% bei ungedämmten Fundamenten. Falls diese Anforderung fallengelassen wird, so muss die Berechnung des U-Wertes in der EN-131 angepasst werden.

4.1.3 Vorschläge für Einzelbauteile

1) Sehr intensiv genutzte Häuser:

- Wände Isolierglas / Doppelglas mit Noppenfolie / Stegdreifachplatten
Häuser ab 6 Meter Höhe mit Seitenschirmen (Anforderung an Schirm noch zu definieren)
- Dach Einfachglas, Doppelschirmanlage
(Anforderung an Schirme sind noch zu definieren)
- Sprossen abgedeckt
- Anlage grundsätzlich dicht, d.h. alle Abschlüsse zwischen Bauteilen und Boden fachgerecht und dicht ausgeführt
- Vorschlag Abteilung Energie: U-Wert 1.8-2.0 W/m²K

2) Intensiv genutzte Häuser:

- Wände Doppelglas / Einfachglas mit Noppenfolie / Stegdoppelplatten / aufgeblasene Doppelfolie
- Dach Einfachglas mit Energieschirm / aufgeblasene Doppelfolie / Noppenfolie
(Anforderung an Schirm zu definieren)
- Bei Glas und Stegplatten Sprossen abgedeckt
- Anlage grundsätzlich dicht, d.h. alle Abschlüsse zwischen Bauteilen und Boden fachgerecht und dicht ausgeführt
- Vorschlag Abteilung Energie: U-Wert 2.4 W/m²K

3) Extensiv genutzte Häuser:

- Wände Einfachglas / Stegplatten / Einfachfolie
- Dach Einfachglas ohne Energieschirm / Einfachfolie
- Bei Glas und Stegplatten Sprossen abgedeckt
- Anlage grundsätzlich dicht, d.h. alle Abschlüsse zwischen Bauteilen und Boden fachgerecht und dicht ausgeführt
- Vorschlag DM Energieberatung AG: U-Wert 5.6 W/m²K (der U-Wert ist weniger relevant, wichtig ist die Dichtheit der Gebäudehülle)

4) Kalthäuser: keine Wärmedämmvorschriften, keine Vorschriften an Dichtigkeit

Auch diese Vorschläge und konkrete U-Werte müssen mit den Branchenvertretern abgestimmt und präzisiert werden.

4.2 Weitere Ansatzpunkte für regulatorische Eingriffe

Im Zusammenhang mit einem neuen EN-131 gibt es verschiedene einflussreiche Themenbereiche, welche noch genauer untersucht werden müssten.

4.2.1 Einfluss Luftwechsel

Ein Einsparpotential ist insbesondere im Bereich der Entfeuchtung der Gewächshausluft vorhanden. Um regulatorische Eingriffe zu rechtfertigen, sollten aber vorerst folgende Punkte untersucht werden:

- Einfluss des Trockenheizens resp. Trockenlüftens auf den Energieverbrauch von Gewächshäusern erforschen: Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit einem Forschungsinstitut (z.B. Agroscope).
- Einfluss von Undichtigkeiten untersuchen: Sind intensiv genutzte Häuser in der Praxis dicht? Fallen Verluste durch undichte Lüftungsflügel an?
- Einsparungen durch aktive Belüftungssysteme wurden bereits untersucht. Allerdings konnte kein Gemüseproduzent für die Zusammenarbeit gewonnen werden. Die Messungen fanden in einem Zierpflanzenbetrieb statt. Untersuchungen im Zusammenhang mit der Gemüseproduktion wären aber wichtig, da in diesem Bereich andere Bedingungen herrschen als in der Zierpflanzenproduktion. Sollten im Bereich der Gewächshausentfeuchtung regulatorische Eingriffe angedacht werden, müssten vorher auch Forschungsprojekte in der Gemüseproduktion umgesetzt werden, um die Wirkung wissenschaftlich fundiert zu prüfen.

4.2.2 Regelungstechnik

Im Bereich der Regelungstechnik liegt ebenfalls Verbesserungspotential vor. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass verbrauchsrelevante Gewächshäuser bereits auf dem neuesten Stand sind, was die Regelungstechnik betrifft. Offene Punkte, welche untersucht werden sollten:

- Gibt es eine rechtliche Grundlage für die Forderung nach einer modernen Gewächshausregulierung?
- Kann eine moderne Energieschirmsteuerung verlangt werden (Schirmöffnung nicht über Zeit, sondern über Einstrahlung steuern)?
- Kann ein Fühler über dem Energieschirm verlangt werden (Schirmöffnung verzögern, bis der Luftraum über dem Schirm sich erwärmt hat)?
- Energetische Auswirkung dieser Massnahmen?

4.3 Anteil erneuerbare Energiequellen

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes, wurde geprüft, ob ein Anteil erneuerbare Energien für die Wärmeerzeugung in Gewächshäusern gefordert werden kann. In der schweizerischen Gesetzgebung gibt es keine Grundlage für eine derartige Forderung. Sollte dies aufgrund des politischen Vorstosses der GLP im Kanton Zürich in der kantonalen Gesetzgebung verankert werden, so würde das einen Alleingang des Kantons bedeuten und die lokalen Produzenten stark unter Druck setzen.

Gewächshäuser gelten nach Anhang 7 der bisherigen CO₂-Verordnung als Industrieanlagen. Sie können sich von der CO₂-Abgabe befreien lassen, wenn sie sich im Gegenzug mit einer Zielvereinbarung dazu verpflichten, bestimmte Massnahmen umzusetzen, um Treibhausgasemissionen zu vermindern. In den Zielvereinbarungen sind nur Massnahmen mit wirtschaftlichem Potential verpflichtend. In den meisten Fällen ist eine fossilfreie Wärmeerzeugung nicht wirtschaftlich und somit auch nicht verpflichtend.