

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 26 (1935)  
**Heft:** 23  
  
**Artikel:** Elektrische Bodenheizung in Gewächstreibanlagen  
**Autor:** Strobel, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060345>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Energieverbrauch in den Haushaltungen 1932–1934.

(Nur gültig für die von der Umfrage erfassten 3,5 Millionen Einwohner.)

Tabelle IV.

Anwendung	Jahresverbrauch						Jahreseinnahmen						Mittlerer Energie-Preis		
	1932		1933		1934		1932		1933		1934		1932	1933	1934
	10 <sup>6</sup> kWh	%	10 <sup>6</sup> kWh	%	10 <sup>6</sup> kWh	%	10 <sup>6</sup> Fr.	%	10 <sup>6</sup> Fr.	%	10 <sup>6</sup> Fr.	%	Rp./kWh	Rp./kWh	Rp./kWh
Kochherde . . . .	88,0	16,6	96,0	17,0	105,0	17,6	6,10	7,6	6,50	7,9	7,00	8,3	6,93	6,77	6,67
Heisswasserspeicher .	222,0	41,9	240,0	42,6	258,0	43,2	8,55	10,7	9,20	11,2	9,80	11,6	3,85	3,83	3,80
Therm. Kleinapparate	73,6	13,9	77,8	13,8	81,0	13,6	8,84	11,1	9,35	11,4	9,65	11,5	12,00	12,00	11,90
Kleinmotoren . . . .	4,3	0,8	4,6	0,8	5,1	0,8	0,90	1,1	0,93	1,1	1,02	1,2	21,00	20,30	20,00
Lampen . . . . .	142,0	26,8	145,0	25,8	148,0	24,8	55,50	69,5	55,90	68,4	56,60	67,4	39,10	38,60	38,20
Total	529,9	100,0	563,4	100,0	597,1	100,0	79,89	100,0	81,88	100,0	84,07	100,0	15,10	14,55	14,10

Zum Schlusse möchten wir allen, die durch gewissenhaftes Ausfüllen der Fragebögen unsere Auf-

gabe erleichterten, unseren besten Dank aussprechen.

## Elektrische Bodenheizung in Gewächstreibanlagen.

Bericht \*) von C. Strobel, Gruppalto, ausgearbeitet für die Wärmesubkommission des SEV und VSE.

621.364.9 : 631.544.4

Angabe des Materials, das der SEV über elektrische Treibanlagen gesammelt hat. Die Daten über Bodenheizung im besondern sind daraus entnommen und in vier Tabellen zusammengefasst. Die Bodenheizeinrichtungen werden gestützt auf diese Angaben kurz besprochen und miteinander verglichen.

Liste des rapports et articles rassemblés par l'ASE au sujet des installations électriques des cultures forcées. Les données relatives au chauffage du sol dans ces installations ont été relevées et résumées dans 4 tableaux. Sur la base de ces données, les dispositifs de chauffage du sol sont discutés brièvement et comparés.

## Einleitung.

Pflanzbeete werden auf künstlichem Wege erwärmt, wenn es sich darum handelt, möglichst frühe Erträge herauszuholen, zu «treiben». Die Elektrizität ist als Wärmequelle für derartige Zwecke seit verhältnismässig kurzer Zeit im Gebrauch; in unseren Breiten tauchten die Elektrobeete ums Jahr 1927 auf, wenige Jahre nachdem solche Anlagen zuerst in Skandinavien aufgekomen waren.

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein (SEV) hat, wie ein Blick auf das hier beigegebene Verzeichnis lehrt, umfangreiches Material aus verschiedenen Ländern über das Gebiet der elektrischen Treiberei gesammelt:

- Nr.<sup>1)</sup>
- 1—7 Centralschweizerische Kraftwerke, Luzern, Bericht über Bodenheizung an den SEV vom 2. III. 1932.
  - 8—17 Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Bericht über Bodenheizung an den SEV vom 1. III. 1932.
  - 18—29 Bernische Kraftwerke A.-G., Bern, Bericht über Bodenheizung an den SEV vom 6. VII. 1932.
  - 30 a, b Ringwald, Bull. SEV 1925, Nr. 5<sup>bis</sup>, und 1927, Nr. 8.
  - 30 c Ringwald, Elektrizitätsverwertung 1929/30, Nr. 6.
  - 30 d Ringwald, Bull. SEV 1930, Nr. 1.
  - 31 Bull. SEV 1931, Nr. 26: Elektrische Heizung von Treibbeeten.
  - 32 a Elektrizität 1933, Nr. 3: Neue elektrisch beheizte Treibbeetanlagen.

\*) Dieser Bericht soll vorläufig einen Ueberblick über die in der Schweiz und in andern Ländern auf dem Gebiete der elektrischen Treibbeetheizung gemachten Erfahrungen geben. Neuere Daten, mit deren Sammlung der SEV sich zur Zeit noch befasst, werden in einem Anhang zu diesem Berichte später noch veröffentlicht werden. Auf Grund der gesammelten Erfahrungen wird der SEV für die elektrischen Treibbeetanlagen auch noch gewisse Richtlinien aufstellen.

<sup>1)</sup> Diese Nummern entsprechen den Nummern in den Tabellen.

- Nr.
- 32 b Schweizerische Bauzeitung, 2. IX. 1933: Der Elektrogartenbau an der «Züga».
  - 33 a, b Schweizer Elektro-Rundschau 1932, S. 32, bzw. 1933, S. 24/5.
  - 33 c, d Schweizer Elektro-Rundschau 1933, «Züga»-Nummer S. 74/5, allgemeiner einleitender Text, bzw. Bild S. 61.
  - 33 e Schweizer Elektro-Rundschau 1933, «Züga»-Nummer S. 62/3.
  - 33 f, g Schweizer Elektro-Rundschau 1933, «Züga»-Nummer S. 71—74.
  - 33 h Schweizer Elektro-Rundschau 1934, S. 56/7: Elektr. Treibhauskulturen und Arbeitsbeschaffung.
  - 34 Bericht 161 des Norweg. Nationalkomitees zur 2. Weltkraftkonferenz 1930 (Jacobsen).
  - 35 Aus Kungl. Landtbruksakademiens Handlingar och Tidskrift, Stockholm 1927: Edholm, The electric hotbed; Odén, Edholm, Lind und Palmgard, Elektriziteten och trädgardsodlingen.
  - 36 Aus Meddelanden fran Kungl. Vattenfallstyrelsen, Stockholm, 15. IX. 1927: Edholm, Den elektriska drivbänken.
  - 37 Teknisk Tidskrift 1929, Nr. 14 und 16: Edholm, Katalogvärmeter och trädgardsodlingen.
  - 38 Katalog 61 T von Sieverts Kabelverk, Sundbyberg, Schweden.
  - 39—40 Elektrizitätswirtschaft 1927, Nr. 433 (Petri).
  - 41 a, b Elektrizitätswirtschaft 1930, Nr. 522 (Kind).
  - 42 Elektrizitätswirtschaft 1931, Nr. 16 (Kind, Praktische Anwendungsgebiete der El. im Gartenbau).
  - 43 Elektrizitätswirtschaft 1930, Nr. 522 (Reinau, Elektro-Energie im Gartenbau).
  - 44 Elektrizitätswirtschaft 1931, Nr. 16 (Reinau).
  - 45 a—c Elektrizitätswirtschaft 1929, Nr. 477 (Kühl).
  - 46—60 Elektrizitätswirtschaft 1931, Nr. 16 (Mörtzsch).
  - 61 a, b Elektrizitätswirtschaft 1931, Nr. 16 (Hilmer).
  - 62—63 AEG-Mitteilungen, V, 1930 (Riefstahl).
  - 64 AEG-Mitteilungen, VI, 1931 (Neubert).
  - 65 Vogt, Elektrische Beleuchtung bei der Tomatenzucht, Elektrizitätswirtschaft 1933, Nr. 9.
  - 66 Schneider und Vogl, Künstliche Beleuchtung von Pflanzen, Elektrizitätswirtschaft 1931, Nr. 16.

- Nr.  
67 a—c Elektrizitätswirtschaft 1931, Nr. 16 (van de Stadt).  
68 Elektrotechnische Zeitschrift, 24. IV. 1930: Elektrische Frühbeetheizung (Daten wie 30 c).  
69 a, b, c Elektrotechn. Zeitschrift, 16. X. 1930 (Feldmann).  
70 Elektrizitätsverwertung Nr. 1, IV. 1931: Erfahrungen mit der elektrischen Bodenheizung in Holland.  
71 Katalog Gachnang, Zürich (Treibbeet-Erwärmungskabel).  
72 Thibert, Application de l'électricité au chauffage des couches, Bull. Inform. Propag. 1931, Nr. 1.  
73 Avenier, Un essai de chauffage de couches, Bull. Inform. Propag. 1932, Nr. VIII—IX.  
74 Stroud, The experimental use of artificial light in connection with the growing of cucumbers in Denmark, Illuminating Engineer 1932, Nr. V.  
75 The Electrician, 28. IV. 1933 (Beavis).  
76 Zahour, Hot-beds heated by electric lamps, Electric Journal 1932, Nr. VIII.  
77 Faber, Electric heat quickens plant growth, Electric Journal 1932, Nr. IX.  
78 Veröffentlichung des National Rural Electric Project, College Park, Maryland USA; s. Le Paysan Fribourgeois, 22. XII. 1932: Chauffage électrique des châssis et serres.

Zur leichteren Orientierung wurden die wichtigsten Daten über Bodenheizung herausnotiert und derart angeordnet, dass man sie fortlaufend ergänzen und mit den neuesten Ergebnissen vergleichen kann. So entstanden die Tabellen 1 bis 4; die darin und im folgenden verwendete Numerierung 1—78 bezieht sich auf das eben genannte Verzeichnis.

Ueber die neuere Gewächstreiberei in der Schweiz lagen nur spärliche Anhaltspunkte vor. Namentlich was dazu den Ansporn gibt, der Preisunterschied zwischen den frühen und den sonstigen Produkten, liess sich für unsere Verhältnisse kaum zahlenmässig feststellen, wie dies etwa andernorts<sup>2)</sup> geschehen ist. Sicher ist, dass auf den Märkten, wenn die gewöhnlichen Freilandernnten fällig sind, meist nur Bruchteile der Preise bezahlt werden, die der betreffenden, aber frühen Sorte kurze Zeit vorher gewährt wurden (31, 48, 49, 50a, 51, 52, 64, 65).

#### Treibanlagen im allgemeinen.

Auch hierzulande wird das Ziel sein, vor allem die *hochwertigen* Erzeugnisse (61) möglichst früh und nach Beispiel der Importware<sup>3)</sup> in einheitlicher Qualität und Sortierung bereitzustellen. Dabei wird man nicht ohne beheizte Treibanlagen auskommen, denn die Möglichkeit, bestimmte Uebertemperaturen einzuhalten, ist entscheidend für den Vorsprung im Wachstum der Kulturen (20—22, 39)<sup>4)</sup>.

Man lässt die mangelnde Wärme, zugleich Licht und die übrigen wachstumsfördernden Mittel am zweckmässigsten in Treibhäusern, Treibbeeten oder ähnlichen Einrichtungen auf die Pflanzen einwirken und erreicht gegenüber den Pflanzungen ohne künstliche Wärmezufuhr:

1. Geringere Abhängigkeit vom Klima, weniger Gefahr einer Missernte. Es können Gewächse, die in der Gegend kaum gedeihen, oder hoch im Wert stehende Blumen kultiviert werden.
2. Frühere Ernten und infolgedessen höhere Marktpreise, also bei Primeurs, frühen Spargeln, Erdbeeren, Melonen, Trauben und bei Blumen vor ihrer Saison, wie Rosen, Nelken, Maiglöckchen.
3. Höhere Erträge in Qualität und in Menge pro Pflanze und Flächeneinheit. Möglichkeit einer rascheren Erntenfolge und besseren Ausnützung der Pflanzfläche sowohl als der Einrichtungen, besonders bei Frühgemüsen und Zierpflanzen, die in grossen Mengen auf den Markt kommen.

#### Heizungen im allgemeinen.

In der Regel wird der Pflanzboden erwärmt und damit die darüber befindliche Luft temperiert; umgekehrt kann die Luft allein in Nähe des Bodens erwärmt werden (bestimmte Temperaturen in Boden und Luft können dauernd nur durch kombinierte Erwärmung beider erreicht werden, 34—37).

Unter den heizbaren Anlagen sind zu nennen, vorerst als Vertreter der Treibhausformen: Gemüseblock, Tomaten-, Gurken- und Blumenhäuser, wo sowohl Boden- als Luftheizungen Anwendung finden können. Dann das Treibbeet, das mit Wänden aus Holz oder wetterfesteren Materialien und mit wegnehmbaren Fenstern in einfachen oder Doppelreihen vorkommt (35—37, 41). Eine dem Doppelreibbeet ähnliche Bauform ist die durch Bodenvertiefung in der Mitte begehbare Erdhütte (61). Beim Treibbeet sowohl als auch bei der Erdhütte sind Boden- und Luftheizung anwendbar. Ein Treibbeet mit weniger Materialaufwand, das niedere Holländerbeet<sup>5)</sup>, bildet sodann den Uebergang zum Freilandtreibbeet, das bei genügend geschützter Lage für Bodenheizung vorgesehen werden kann (37, 70).

Je nach Beschaffenheit des Baues und durch den Glasabschluss wird man in grösserem oder geringerem Mass unabhängig von der Witterung. Selbstverständlich ist: guter Schutz gegen Wärmeabwanderung und gegen Undichtheiten, windgeschützte, ergiebig besonnte Lage und die angepasste Zuführung von Nährstoffen und Wasser; zur Vollständigkeit und weil diese Mittel mit der Zeit kaum entbehrlich sein werden, seien hinzugefügt: die Zusatzbelichtung während der sonnenarmen Zeit (30 d, 44, 45 c, 61, 65, 66, 67, 69, 74, 76) und die künstliche Anreicherung der Luft mit Kohlensäure, dem wichtigsten Pflanzenbaustoff (33 g, 34—37, 43, 44, 45 c).

In der Praxis finden sich Heizeinrichtungen aller möglichen Arten vor (41 a, 56, 77), so in den Gewächshäusern, wo im Gegensatz zu den eigentlichen «Treib»häusern eher zum Schutz von Pflanzungen geheizt oder vielmehr temperiert wird, oder wo hohe, bzw. rankende Gewächse kultiviert werden (67 b), oder wo Gelegenheit zur Verwertung von Abwärme geboten ist (45 c). Es können für sich heizbare Beete in bereits anderweitig beheizten

<sup>2)</sup> S. Liebe, Die Organisation des Berliner Obst- und Gemüsemarktes, Diss. Berlin 1930.

<sup>3)</sup> Weibel, Preisaufgabe für 1931 der Gartenbauschule Oeschberg; ferner Liebe, loc. cit.

<sup>4)</sup> S. a. Becker, Handbuch des gesamten Gemüsebaues.

<sup>5)</sup> Becker, s. o.

## Daten von ausgeführten Elektrobeeten.

## Abkürzungen:

e elektr. Bodenheizung  
L elektr. Luftheizung  
z zusätzlich  
WWHz Warmwasserheizung  
DHZ Dampfheizung

B Beet  
H Haus  
F Freiland  
m Mistpackung  
— keine Angabe  
genannt

No.	Ort	Gegenstand der Untersuchung	m <sup>2</sup> beheizt	bepflanzt mit	geerntet	Tage bis Ernte	Bemerkungen zur Ernte	Vorsprung Qual. besser	gröss. Menge widerstands allger	1) Mittelw. (graph.) d.1 Versuchs	2) " " "2. "	3) " " "3. "
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Aussen-temp.	im Boden	Beetluft
1	Horw	Be	in kleiner Handelsgärtnerei.	—	—	1927/28	—	—	—	—	—	—
2	Horw	Be	Fortsetzung (Anlage erweitert), zum Vergleich mit Bm.	180	S Sp R Frühgemüse	1928 ff.	—	—	.. + ..	—	—	—
3	Meggen	Be	in Herrschaftsgärtnerei.	66	S Sp R Gu M To u. Blumen überwintern	1929 ff.	—	—	.. + ..	—	—	—
4	Meggen	Be	Fortsetzung.	66	do.	1929 ff.	—	—	.. + ..	—	—	—
5	Emmenbrücke	Be	—	160 ?	—	—	—	—	—	—	—	—
6	Vitznau	Be	in Handelsgärtnerei; z. Vergleich mit Bm.	120	S Sp R Frühgemüse	Ende 1929	—	—	.. + ..	—	—	—
7	Vitznau	Be	in Herrschaftsgärtnerei.	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—
8	Affoltern a/A.	Be	Beet 1. Ersatz für m.	10,5	S	27. 12. 29	—	ungeeignete Sorte	—	1) 4 2) 0	25 24	20 20
9	Affoltern a/A.	Be	Beet 1. Ersatz für m. Fortsetzung.	$\left\{ \begin{matrix} 6 \\ 3 \\ 1,5 \end{matrix} \right.$	S Lauch Lobelien	$\left\{ \begin{matrix} 24.-31. 3. 30 \\ - \\ - \end{matrix} \right.$	26-33	—	.. + ..	$\left\{ \begin{matrix} 1) -1 \\ 2) 1 \end{matrix} \right.$	27 27	15 15
10	Affoltern a/A.	Be	Beet 2. Ersatz für m.	10,5	S	24.-31. 3. 30	26-33	—	.. + ..	—	—	—
11	Wald (Zürich)	Be	Ersatz für m.	5,4	S	18. 1. 31	63	keine Kopfbildung	—	—	—	—
12	Wald (Zürich)	Be	Fortsetzung.	5,4	S	4. 4. 31	45	trotz Schnee	.. + ..	—	—	—
13	Wald (Zürich)	Be	Fortsetzung.	5,4	S	3. 5. 31	27	trotz Schlechtwetter	.. + ..	—	—	—
14	Affoltern a/A.	Be	Beet 1 (Forts. s. o.).	10,5	S	31. 3. 31	43	trotz Schnee	.. + ..	1) -3 2) -2	19 20	9 11
15	Affoltern a/A.	Be	Beet 2 (Forts. s. o.).	10,5	S	31. 3. 31	43	trotz Schnee	.. + ..	—	—	—
16	Affoltern a/A.	Be	Beet 1 (Forts. s. o.).	10,5	S	30. 4. 31	29	trotz Schlechtwetter	.. + ..	1) 4 2) 6	15 16	11 12
17	Affoltern a/A.	Be	Beet 2 (Forts. s. o.).	10,5	S	30. 4.-8. 5. 31	29-37	trotz Schlechtwetter	.. + ..	—	—	—
18	Würzbrunnen	Be	Beet 1, Provisorium Versuche betr. Wärmespeicherung.	9	S	10. 4. 29	49	m. mehr Erde wären 42 Tage = normal erzielt worden	—	1) -4 2) -1	21 15	—
19	Würzbrunnen	Be	Beet 2, Provisorium Versuche betr. Wärmespeicherung.	9	S	10. 4. 29	49	do.	—	1) -4 2) -1	21 15	—
20	Oeschberg	Be	Beet 1.	12,5	S ?	2. 30	—	—	—	-2 -4 -10	12	$\left\{ \begin{matrix} 5 \\ 2 \\ -2 \end{matrix} \right.$
21	Oeschberg	Be + L	Beet 1 mit L erweitert; zum Vergleich mit Bm.	12,5	S R	1. 4. 31	42	wie Bm	.. + ..	$\left\{ \begin{matrix} 0 \\ -5 (-6) \\ -10 \\ -15 \end{matrix} \right.$	12	$\left\{ \begin{matrix} 10- \\ 10- \\ 8- \\ 7 \end{matrix} \right.$
22	Oeschberg	Be Bm	Beet 2. Beet 3. Parallelversuch.	14 —	$\left\{ \begin{matrix} S \\ Kr \\ S \\ Kr \end{matrix} \right.$	$\left\{ \begin{matrix} 30. 4. 32 \\ 10. 5. \\ 8. 5. 32 \\ 18. 5. \end{matrix} \right.$	$\left\{ \begin{matrix} 36 \\ 46 \\ 44 \\ 54 \end{matrix} \right.$	8 Tage früher als Bm	++ ++	—	—	—
23	Bremgarten (Bern)	Be	2 Beetteile.	27,5	R	31. 1.-15. 2. 32	80	je Staffel	.. + ..	—	—	—
24	Bremgarten (Bern)	Be	1 Beeteil.	14	S	—	—	aus anderweitigen Gründen eingestellt	—	—	—	—
25	Bremgarten (Bern)	Be	1 Beeteil.	14	K	Staff. 1: 29. 11. 31	17	je Staffel	.. + ..	—	—	—
26	Bremgarten (Bern)	Be	1 Beeteil; Vergleich mit Bm.	14	Schnittlauch	Staffeln: 3. 12.-30. 3. 32	21	je Staffel; besser als Bm	.. + ..	—	—	—
27	Bremgarten (Bern)	Be	2 Beetteile.	27,5	Geranien in Töpfen	Frühjahr 1932	—	besser als Treibhaus	.. + ..	—	—	—
28	Bremgarten (Bern)	Be	2 Beetteile.	14	Betonien, Saffien	Frühjahr 1932	—	—	.. + ..	—	—	—



N Nacht (Nachtstrom) S Salat  
 A Amortisation Sp Spinat  
 Z Zins R Radies  
 U Unterhalt To Tomaten  
 K Kresse Gu Gurken  
 r Kohlrabi M Melonen

## Daten von ausgeführten Elektrobeeten.

Tabelle 1.

ur Verfügung stand : (Wechselstrom)	Elektrische Einrichtungen	Anschlusswert		Verbrauch		Wirtschaftliches und diverse Anmerkungen
		W	W/m²	kWh	kWh/m² und Tag	
XI	XII	XIII		XIV		XV
—	—	—		—		—
h N { 3 Rp./kWh 1. Sommer, 5 i. Winter	Transformator. Blanker Boden- heizdraht 36 V, in Torfmull ein- gebettet.	25 070	130 bis 200 s. rechts	1.—4. Quartal 1931: 1381 + 6079 + 0 + 1195	0,8 0,9	200 W/m² scheint zu hoch ge- griffen. Luftheizung ist hier nicht nötig.
h N { 3 Rp./kWh 1. Sommer, 5 i. Winter		7 000		1.—4. Quartal 1930: 372 + 1062 + 49 + 47		
h N { 3 Rp./kWh 1. Sommer, 5 i. Winter		7 000		1.—4. Quartal 1931: 1811 + 682 + 230 + 80		
—		—		—		
wie bei 2—4	wie bei 2—4.	?		—		
240 V N	240 V-Bodenheizkabel, in Kies verlegt, mit Tonröhren.	1720		—		Diese Installation ist billiger als die obigen mit Kleinspan- nung.
250 V N	250 V-Bodenheizkabel, 70 m, 0,6 $\Omega$ /m; nur Zeitschalter.	1500		—		Installation: 25 bis 30 Fr./m² und könnte verbilligt werden. Die el. Treibbeetheizung ist ge- gen andere konkurrenzfähig.
250 V N	250 V-Bodenheizkabel, 70 m, 0,6 $\Omega$ /m; nur Zeitschalter.	1500		tot. 280		
250 V N	1) 250 V-Bodenheizkabel, 83 m, 0,6 $\Omega$ /m. 2) 250 V-Bodenheizkabel, 67 m, 0,9 $\Omega$ /m.	2300 1) 2) parallel 1250 1) allein 1050 2) allein 570 1) 2) in Serie		tot. 280		
220 V N	220 V-Bodenheizkabel, 37 m, 1,8 $\Omega$ /m; nur Zeitschalter.	730		315		
220 V N	220 V-Bodenheizkabel, 37 m, 1,8 $\Omega$ /m; nur Zeitschalter.	730		270		
220 V N	220 V-Bodenheizkabel, 37 m, 1,8 $\Omega$ /m; nur Zeitschalter.	730		78		
250 V N	wie bei 8.	1500		325		
250 V N	wie bei 10.	wie bei 10		300		
250 V N	wie bei 8.	1500		75		
250 V N	wie bei 10.	wie bei 10		127		
250 V, 9 h N à 5 Rp./kWh	Transformator, Blanker Boden- heizdraht, 50 V, in Torfmull; nur Zeitschalterregulierung.	1000	110	395 bezog. a. 42 Tg.	1,04	Kleinspannung fällt ausser Betracht. Auch ausserordentliche Heiz- pausen schaden nicht (32stün- dige Pause untersucht). ~ 1 kWh/m², Tag und 8 h N sind ausreichend. Wirtschaftlichkeit (Ersatz für m) ist bei einer Ernte ausge- schlossen, aber bei mehr, z. B. 3 möglich, mit Melonenzucht. Betriebskostenberechnungen m. A + Zins + Unterhalt tot. ~ 9,6 %.
250 V, 9 h N à 5 Rp./kWh	Blanker Bodenheizdrahtspiralen in Tonröhren, 250 V; nur Zeit- schalterregulierung.	1000	110	350	0,92	
220 V, 8 h N	Blanker Heizdraht in Tonröh- ren, 220 V.	1500		täglich für Fr. 0.50		Temperatur besonders in Luft bei 20 zu tief. Heizung der Luft ergab bei 21 zuviel Wärme und zuwenig im Boden. Trotzdem 22 besser als 20—21 ausfiel, sollten 3 Ernten pro- duziert werden.
220 V, 8 h N	Blanker Heizdraht in Tonröh- ren und erweitert durch Luft- heizelemente in Stahlröhren, 220 V, getrennt betrieben.	1500 + 1200 s. rechts		täglich für Fr. 0.55		
220 V, 8 h N	Zwei 220 V-Bodenheizkabel, 47 m.	1030 } max. 1030 } 2060	max. 146	340	0,67	
50 V N (evtl. tags- ber im Hochtarif)	250 V-Bodenheizkabel in Ton- röhren (2 Kabel je Beeteil).	2100 + 2100	153	1250		~ 1 kWh/m² und Tag bei 8 h N sind ausreichend. totale Installation 37.50 Fr./m² Verbilligung ist möglich. Obige Angabe siehe 18—19 über Wirtschaftlichkeit gilt auch hier.
		2100	153	—		
		2100	153	100 für Staffel 1		
		2100	153	150 für Staffel 1 866 total.		
		2100 + 2100	153	—		
		2100	153	—		

## Daten von ausgeführten Elektrobeeten.

## Abkürzungen:

e elektr. Bodenheizung  
L elektr. Luftheizung  
z zusätzlich  
WWHz Warmwasserheizung  
DHZ Dampfheizung

B Beet  
H Haus  
F Freiland  
m Mistpackung  
— keine Angabe  
gen genannt

No.	Ort	Gegenstand der Untersuchung	m <sup>2</sup> beheizt	bepflanzt mit	geerntet	Tage bis Ernte	Bemerkungen zur Ernte	Vorsprung Qual. besser grös. Menge w. standst. länger	1) Mittelw. (graph.) d. 1. Versuchsl	2) " " " 2. " "	3) " " " 3. " "
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Aussen-temp.	im Boden	Beet-luf
29	Bremgarten (Bern)	Be	alle 5 Beeteile.	68,5	—	—	—	—	—	—	—
30c	4 Anlagen im Bereich der Central-schweizer. Kraftwerke	Be	4 Anlagen s. links und allg. zum Vergleich mit Bm.		S, Sp, Kräuter, Gu, M u. Ueberwintern (Frostschutz)	Frühjahr 1928	—	.. + ..	N 0 Tg 10	bis 20	bis
30d		Be	allg.		do.			.. + ..		bis 20	bis
31	allg.	Be + L He z H L	allg. ausführl. über Boden- und Luftheizkabel, üb. Bodeniso-lation, üb. Erlös der Frühprodukte.					+ + +			
32a	allg.	Be	allg.; gen: Anlage Heuried.	800				.. + ..			
32b	«Züga» 1933	div.	Ausstellung von Mu-steranlagen.								
33a	allg.	He	allg.; gen. He zum Vergleich m. WWHz								
b	allg.	He	allg.; gen. He zum Vergleich mit WW u. DHZ.								
c	«Züga» 1933	div.	wie 32 b.								
d	allg.	He	allg.; gen. Anlage Küsnacht.	3000							
e	allg.		allg.								
f	allg.		allg.; gen. Kleinan-lagen für Hausan-schluss.								
g	allg.		allg.; gen. Kohlen-säurezufuhr.					+			
h	allg.		allg.								
34	Anlagen in Norwegen	u. a.: Be + L He Fe	allg. ausführlich üb. el. Bodenheizung u. Luftheizung, beson-ders in B.	div.	Be: Gemüse aller Art; To; M und Gu (Mehrertrag) He: do., Blumen Fe: u. a. Zwiebeln			+		div. Angaben	
35	Anlagen in Schweden	u. a.: Be + L He Fe	allg. ausführlich üb. el. Bodenheizung u. Luftheizung, beson-ders in B.	div.	Gemüse aller Art, Gu, Erdbeeren, Zierpflanzen Fe: Kartoffeln, To, Gu			+		div. Angaben	
36	Anlagen in Schweden	u. a.: Be + L He Fe	allg. ausführlich üb. do. und die Kohlen-säurefrage. gen: Hässelby u. a.	div.						div. Angaben	
37	Anlagen in Schweden	u. a.: Be + L He Fe	allg. ausführlich ähnlich wie 36. gen: Hässelby mit 2000 m <sup>2</sup> . gen: Anlagen mit Daten aus Kälte-periode. gen: Versuche in F mit To, Gu, Kartof-feln, Blumen.	div.						div. Angaben (s. links)	
38	allg.		allg.: Boden- und Luftheizkabel und Daten hierzu; Appa-ratur und Schaltung für = und ~.	—							
39	Stettin	Be + L	z. Vergleich mit Bm.	10,5	S, R-Samen	15. 3. 27	32			ausführl. Tabelle 15, zu tief	
40	Stettin	z He	1/2 (z. Vergleich mit Bm) mit Boden-Hz.	2×18	Gu	16. 3. 27	34			ausführl. Tabelle 1, ~ 28   ~ 21	

Tabelle 2

[illegible]

## Abkürzungen:

e elektr. Bodenheizung

L elektr. Luftheizung

z zusätzlich

WWHz Warmwasserheizung

DHZ Dampfheizung

B Beet

H Haus

F Freiland

m Mistpackung

gen genannt

— keine Angabe

## Daten von ausgeführten Elektrobeeten.

No.	Ort	Gegenstand der Untersuchung	m <sup>2</sup> be- heizt	bepflanzt mit	geerntet	Tage bis Ernte	Bemerkungen zur Ernte	Vorsprung Qual. besser gross. Menge widerstandsfähiger	0 C. 1) Mittelw. (graph.) d. 1. Versuchshäl- 2. "	Aussen- temp.	im Boden	Beet- luft
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
41a	Anlagen in Deutschland	Be	allg. zum Vergleich mit Bm und Boden- DHZ.	—			allg.: besser als m	.. + ..				
41b	Anlagen in Deutschland	Be	gen.: Be-Anlage mit 16 m <sup>2</sup> (Diagramm mit Verbrauch und Temperaturen).			Frühjahr 1929						
44			allg. über Energie- bedarf im Pflanzen- bau u. über el. Be- lichtung sowie über Kohlensäurefrage.									
45a	Helmstedt	Be	allg. ausführlich üb. Bodenheizungen, zum Ersatz für Bm (s. a. 62).	6				.. + ..	62 gibt div. Temp. a gen: 18			
45b	aus 62	Be	Feststellen des Min- destverbrauchs, zum Vergleich mit Bm (Klammerwerte sind errechnet).	8					62 gibt div. Temp. a			
45c	Schöningen	z He	Ergänzung zur Abdampfheizung; Daten z. T. von 46. gen: div. Anlagen betr. CO <sub>2</sub> -Zufuhr u. el. Belichtung.	2×50	Gu		sehr gut	.. + ..				
46	Anlagen in Deutschland	div.	allg. über Boden- u. Luftheizung u. Bei- spiele 47—60. Aus- führliche Kostenbe- rechnung. Bespricht 40, 41, 43, 45 c, 64, 70 und die Ueberwinte- rungsraum-Heizung.									
47	allg.	Be	gen: Wachstumsför- derung: Stuttgart und Frankfurt a/M.	—	Asparagus plum. Kr, Gu							
48	Kirchwärdar	Be	gen: Wachstumsför- derung. Vergleich mit Bm.	—	S			++				
49	Fünfhausen	Be	gen: Wachstumsför- derung. Vergleich mit Bm.	—	Gu			++				
50a	Pirna	Be	gen: Wachstumsför- derung. Vergleich mit Bm.	—	S Gu			++				
50b	Pirna	Be	gen: Wachstumsför- derung (dreh. Sächs. Werke A.-G.).	—				+++				
51	Frankfurt- Teller	Be	gen: Wachstumsför- derung.	—	S			+				
52		Be	gen: Wachstumsför- derung (durch EW Schlesien u. Schles. El.- u. Gas-A.-G., Gleiwitz).	—	S			+				
53	Strehlen	Be	gen: Wachstumsför- derung.	—	S			+				
54	Gröba	Be	{ el. Anlagekosten: }	109								
	Halle	Be	{ Fr. 9.20 pro m <sup>2</sup> . }	67								
	Glückstadt	Be	{ el. Anlagekosten: }	35								
	Dresden	Be	{ Fr. 13.70 pro m <sup>2</sup> . }	46								
55	Dresden	Be	{ el. Anlagekosten: }									
56	Berlin	z He	{ Fr. 10.— pro m <sup>2</sup> . }									
57	Bremen	—	(Diese Ansätze kön- nen noch billiger werden.)									
			z. Vergleich mit Bm.	—								
			z. Vergleich mit H (ohne Bodenheizung) zur Ergänzung von Luft-DHZ.	2×22	Rosen	ab 23. 9. 29 bis 31. 7. 30 ab 1. 9. 30 bis 1. 6. 31						
			el. geheiztes Champ- Beet zum Vergleich m. unbeheiztem Beet.	2×25	Champignon- brut	20. 1. 31 bis 15. 3. 31	35—88	Vorsprung	+			



No.	Ort	Gegenstand der Untersuchung		m <sup>2</sup> be- heizt	bepflanzt mit	geerntet	Tage bis Ernte	Bemerkungen zur Ernte	Vorsprung Qual. besser gröss. Menge widerstand. fähiger	° C.		
										1) Mittelw. (graph.)	2) d. 1. Versuchshälft	Beet- luft-
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
58	Eiche bei Potsdam	Fe	Angabe der Strom- kosten pro kg.	250	Spargel	—		—		—		
59	Dresden	—	L zum Frostfrei- halten von Ueberwin- terungskästen.	138	—	—		—		—	frostfrei	
60	Dresden	—	do. von allseitig iso- lierten Ueberwinte- rungsräumen. gen ausserdem: Er- gänzung von Luft- WWHz.	1600	—	—		—		—20	frostfrei	
61a	Tapiau	1 Be+L und eine Erd- hütte e + L	z. Vergleich parallel mit 1 Beet u. einer Erdhütte, gleich, aber mit m.	42+42	Sp- gen: S, Schnittlauch, Blumenkohl, Cyclamen	Frühj. { 1930 { 1931			.. + ..	aus Diagr.: 1) -4    19    8 2) 5    17    11		
61b	Tapiau		gen: Ergebnis von Belichtung.									
62	allg.	Be Be	{ allg. über Boden- heizkabel. gen: 45 a, b.									
63	allg.	He	z. Vergleich mit m.		Gu, Blumen			besser bewur- zelte Blumen	.. + ..			
64	Siegmars	z He	¼ mit el. Bodenhei- zung zum Ergänzen der Luft-WWHz.	$\frac{1000}{4} = 250$	S, R-Samen, dann To, Kr	20. 2. 31	65	höhere Preise, mit Angabe; infolge Vor- sprung	+	0	16,5	10
67a	Naaldwijk (Holland)	Be+L Be Be + m Bm	{ zum Vergleich zw. den 4 Verfahren.	$\frac{4 \times 16}{4 \times 16} = 16$	{ Gu	Frühj. 1930			.. + .. .. + .. .. + ..			
67b	Westland (Holland)	Hl	Frostfreihalten.	$\frac{4 \times 225}{225}$	Trauben das ganze Jahr	z. B. Frühj. 1931				4 und mehr		
67c	Naaldwijk (Holland)	Hl	Frostfreihalten.	1000								
69b	Westland (Holland)	Hl	Frostfreihalten.	1240				befriedigte				
69c		B wie 67a	allg. über Boden- u. Luftheizkabel zum Ersatz von m. gen: 67 a.			allg. 1929/30						
70	Heemstede (Holland)	Fe	zum Vergleich; Ersatz der WWHz.	10000	Beschleuni- gen des Blu- menzwiebel- Absterbens				.. + ..			
71	allg.		allg. über Boden- u. Luftheizkabel, mit Daten u. Beispielen für Bemessung. gen: holl. Anlagen									
72	Anlage in Frankreich	Fe + m	Mistdecke u. Boden- heizung z. Vergleich mit m allein.	2x8	Endivien fertigtreiben	im Winter	15			4-6	14	—
73	Anlage in Frankreich	Be	zum Vergleich pa- rallel mit Bm.	10	S, Rüben	1. 4. 32	51	Vorsprung	.. + ..		15	
75	Kl. Anlagen in England	Be	allg. z. Vergleich m. unbeheiztem Beet.	gen: 3								
76	Kl. Anlagen in England	Bl +	mit el. Lampen zum Vergleich mit Bm.	2,2	Div. Samen für Anzucht	15. 4. 32	47		.. + ..			
77	Connellsville	z H	mit Heizkörpern; z. Ersatz von m in ofengeheiztem Haus.	6,2	Div. Samen für Anzucht	10. 9. 32	46 (+ 46 spät. Serie)	besser bewurzelt	.. + ..			
78	Anlagen in den USA	Be He	allg. über Boden- heizung.	—								



N Nacht (Nachtstrom)  
A Amortisation  
Z Zins  
U Unterhalt  
K Kresse  
Kr Kohlrabi

S Salat  
Sp Spinat  
R Radies  
To Tomaten  
Gu Gurken  
M Melonen

## Daten von ausgeführten Elektrobeeten.

Tabelle 4

Zur Verfügung stand: (Wechselstrom)	Elektrische Einrichtungen	Anschlusswert		Verbrauch		Wirtschaftliches und diverse Anmerkungen
		W	W/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup> und Tag	
XI	XII	XIII		XIV		XV
	«Wendler»-Bodenheizbänder.	—	—	—	—	
	Luftheizkörper wie in Kirchen mit 250 W/m.	8 × 250	15			
	—	—	—		0,014	Stromkosten 2% vom Koksver- brauch bei WWHz. Lohnt sich zum Frostfreihalten dieser Räume bei 7½–25 Rp. pro kWh (3¼–7½ bei Kalthäu- sern). Vollheizung von Häusern nur wirtschaftlich bei sehr niedern Strompreisen.
max. 10 h N	Bodenheizkabel i. Tonröhren + Luftheizkabel in beiden Beet- aussenkanten.	tot. 10 400 + 2600 124 + 31		{ Februar 1,5 März 0,8 April 1,0		allg.: Ohne andere Heizung ist m für grosse Häuser zu un- sicher. Empfiehlt hochwertige Erzeugnisse, vermehrte Anbau- folge Herbst/Frühjahr. Luft- heizung nur bei rauhem Klima und hohen Pflanzen. Die natür- liche Kohlensäureentwicklung reicht aus. Aequivalenz 7½–10 Rp./kWh b. rascher Anbau- und Folge. Kalthaus-Anzuchten sind wirt- schaftlich mit el. Hz.
	Bodenheizkabel.					allg.: Aequivalenz 7½–10 Rp. pro kWh (2 Ernten).
	Bodenheizkabel.				allg. z He ~ 0,2	
220 V, 5–10 h N	11 Bodenheizkabel à 50 m, 30 W/m.	16 500	65		(0,6 ÷ 0,3) ≅ 0,5	Ausführliche Kostenberechnun- gen bei 1 und mehr Ernten. A 10 %.
s. u.	100 kW-Transformatoranlage: Boden- und Luftheizkabel. Bodenheizkabel + m. Nur m.					allg.: über Belichtungsversuche und die (durch das besondere holländische Klima bedingten) Aussichten für die el. Heizun- gen. allg.: Stromersparnis durch B- Seitenisolation 20–30 %.
4 und 8 h N	je 4 × { 8 Luftheizkabel über Boden ≅ 1040 m. 8 Luftheizkabel in hal- ber Höhe ≅ 1040 m. 4 Luftheizkabel zuoberst ≅ 530 m.	4 × 4500		4 × 5300		allg.: Kann für Uebergangszeit wirtschaftlicher als WWHz sein. allg.: Vollheizung von Häusern lohnt nicht bei üblichen Strom- preisen.
	je 4 Luftheizkabel über Boden in 2 Gruppen.	2 × 25 000 (davon 20 000 überflüssig).				Wirtschaftlich trotz 12–18 Rp. pro kWh.
	L-Kabel nahe über Boden in 2 Gruppen.	2 × 24 000				erwies sich als wirtschaftlich.
9 h N		150 ÷ 180 + 60 ÷ 100				
20 V Abendbelzeit ausgeschlossen	2 × 200 kVA-Transformatoran- lage. Herausnehmbare Boden- heizkabel. 17 W/m in Tonröh- ren, ca. 30 cm tief und 40 cm voneinander.	367 200	37	im Tag 0,1 kWh/m <sup>2</sup> , ° C höhere Temperatur		erwies sich als wirtschaftlich, obwohl nur wenige Wochen im Betrieb und der Energiepreis hoch war. Installation ca. ¼ der frühern WWHz.
127, 220, 380 V	Boden- und Luftheizkabel.	(5 W/m <sup>2</sup> , ° C höhere Temperatur)		1,5 kWh/m <sup>2</sup> , ~ 15° C hö- here Temperatur.		
Δ 380 V	«Sauter»-Bodenheizröhren, um- schaltbar Δ/Y.	7500 max.		~ 45		
220 V, 9 h N	3 × 27 m Bodenheizkabel.	1800			1	Installation 38 Fr./m <sup>2</sup> . A 20 %. Aequivalenz mit 3 Ernten: 0,8 Rp./kWh.
allg. = oder ~ bis 240 V	allg. Bodenheizkabel.			gen: Versuche mit 1,6 ÷ 3,2		
	8 el. Lampen.	200		15		Aequivalenz 30 Rp./kWh.
110 V	bewegliche Heizkörper unter den Tablaren.	3 × 300		350		
	Bodenheizkabel. Evtl. Heizkör- per unter Tablaren im H.			Beet 1,2 Haus 0,6 ÷ 1,2		

Treibhäusern stehen, so dass die eine Wärmequelle die andere ergänzt oder zeitweise ablöst (40, 46, 63, 64). Bei dem hier beabsichtigten Ueberblick kann man sich auf drei Verfahren beschränken, die Wärmeerzeugung durch Gärung in frischen Mistpackungen, die Warmwasser-, bzw. Dampfzirkulationsheizung und die elektrische Heizung. Die letzte bringt die oben bei Treibanlagen im allgemeinen aufgezählten Punkte 1 bis 3 zur vollen Geltung, hat ausserdem, wie noch gezeigt werden soll, besondere Vorzüge und kommt daher als Ersatz der beiden andern Systeme<sup>6)</sup> in Betracht (ausgenommen zur dauernden Treibhausheizung, 31, 37, 46, 60, 67 b).

Was hier an Material über die *elektrische Heizung* vorliegt, enthält, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, doch eine genügende Anzahl Daten über Heizungen in Treibhäusern, in Treibbeeten und in Freiland (in den Tabellen abgekürzt mit H [Haus], B [Beet], bzw. F [Freiland] bezeichnet), die erlauben, die hier allgemein angeführten Merkmale jeweils durch zuverlässige Feststellungen zu belegen.

Besonders häufig und vorteilhaft werden elektrische Heizeinrichtungen bei Treibbeeten verwendet, und zwar zumeist als Bodenheizungen zum Ersatz für Mistpackungen (m), ferner als kombinierte Boden- und Luftheizungen (s. Tabellen, Spalte III: Be, bzw.  $B_e + L$ ). Sie finden sich sodann gelegentlich bei Freiland (Fe) als Bodenheizung und in anderweitig beheizten Treibhäusern als zusätzliche elektrische Bodenheizungen (z He).

Die ausschliessliche elektrische Beheizung von Treibhäusern ist anzutreffen für die Uebergangszeit und für Sonderzwecke (He: 31, 33, 34—37, 67, 78). Elektrische Luftheizung allein kommt z. B.

<sup>6)</sup> Wir erinnern hier kurz an deren Merkmale:

Am naheliegendsten war die Anwendung von *Mistpackungen* bei ländlichen Gegenden und bis zum Ueberhandnehmen der Autos auf Kosten der Zugtiere. Der Mist wird vor dem Einbringen der Erde zu unterst eingestampft, evtl. auch seitlich, erwärmt so die umliegenden Schichten und sorgt für vermehrte Kohlensäureabgabe.

Die Wärme steigt anfangs bis ca. 45° C, was zum Auftauen der Erde im Spätwinter erwünscht ist, fällt aber bald ab, so dass die Packung gelegentlich erneuert werden muss. Bei einer etwa zweimonatigen Treibdauer im Vorfrühling, in der die zunehmende Besonnung und Aussentemperatur die nachlassende Gärungswärme kompensiert, können z. B. Frühgemüse 1 bis 2 Wochen früher als sonst herausgebracht werden.

Das Verfahren lohnt sich, wenn die beträchtlichen Mistmengen (46) leicht erhältlich und weiter verwertbar sind und wenn man sich mit der Frühjahrstreiberei begnügt. Die fallende Beetemperaturkurve verläuft nämlich zur Aussentemperaturkurve in den andern Jahreszeiten so, dass diese Treiberei sonst weniger Aussicht bietet. Deren Nachteile sind:

Die Beschaffung von billigem, frischem Pferdemist im Winter, besonders in Stadtnähe, wird immer schwieriger (30 d, 41, 45, 46, 62).

Die Anwendung ist auf kurze Zeit beschränkt und vor dem Februar der Frostgefahr wegen im Freien kaum möglich (34, 62).

Die zum Ein- und Austragen der Packung und der Erde aufgewendete Arbeit ist sehr beträchtlich; dazu kommt besondere Aufsicht, nämlich Lüften bzw. Decken, Packung erneuern, sodann Verunreinigung und vermehrter Verschleiss des Inventars (43, 46).

Die Wärmewirkung lässt sich nicht regulieren, nur angenähert voraussehen und örtlich nur in beschränktem Mass

in Ueberwinterungsräumen vor (59, 60) sowie in holländischen Treibhäusern (67 c, 69) zum Frostfreihalten, hier auch als zusätzliche Heizung ( $H_L$ , bzw.  $zH_L$ ).

### Bauliches beim Elektrobeet.

Diese elektr. Heizungen passen sich, ohne z. B. den Erdaushub zu vermehren, den in Treibanlagen üblichen Bauformen und Baumaterialien an. Beim Elektrobeet, das der Verschmutzung und dem Verschleiss am wenigsten ausgesetzt ist, lohnt sich die Verwendung von wetterbeständigem Wandmaterial — die Abdichtung ist eher erreicht und die Installation lässt sich besser anbringen — sowie die Verwendung wärmeisolierender Schichten seitlich im Boden (37, 41 a, 67 a), die auch gegen unten angebracht werden können, wenn eine solche Abschlüssung im Verhältnis zur Ersparnis an Energie (37, 46, 62) nicht zu teuer zu stehen kommt oder gar für die Pflanzen schädlich wirkt (31, 67).

Die in ihrer Einfachheit bestbewährte Reihenfolge beim Aufbau eines Elektrobeets ist: Zu unterst auf dem gewachsenen Boden eine wasserdurchlässige, schlecht wärmeleitende Schicht, darauf die in Sand oder Röhren verlegten Heizleiter und darüber die Pflanzeerde (31, 41). Mit Tonröhren konnte gleichzeitig der Schutz gegen mechanische Einwirkungen, die Möglichkeit eines Heizleiterersatzes während des Betriebs und eine regelbare Luftzirkulation erreicht werden (23—28, 37, 41, 70, 71). Die Leiter für Lufterwärmung verlaufen frei über Rollen und dgl. (31, 34—37, 41, 61, 67 b, c, 69). In Freiland werden die Bodenheizkabel nahe an den Wurzeln und genügend tief in den Boden eingebettet (37, 70).

verteilen. Hoch ansteigende Temperatur muss also z. B. durch Lüften gemildert werden (Zugluftgefahr). Ausbleiben der Wärme muss, sofern ein Neupacken umgangen wird, durch Zudecken ausgeglichen werden (Entzug der Besonnung). Die Ernte, die kurz vor dem Einsetzen des landläufigen Marktes fällig sein soll, kann sich leicht bei ungünstiger Witterung hinausziehen, Neupacken erfordern, nachteilige Preise erzielen (61, 73).

Es kann sich leicht überflüssige Feuchtigkeit im Boden ansammeln; auch entsteht Kohlensäure im Ueberschuss (43).

Die Heizung durch *Warmwasser- oder Dampfzirkulation* lehnt sich an die Praxis der Gewächshäuser an, wo zumeist die Luft erwärmt wird (Becker, s. o.); für Treibbeete hat sie wenig Verbreitung gefunden (41, 73). Man hat sogar Dampf direkt in den Boden eingeleitet (36, 41). Sie wird mit Vorteil angewendet, wo z. B. grosse Treibhäuser lange dauernd zu erwärmen sind und wo billiges Brennmaterial oder Abwärme verwertet werden kann (45). Nachteilig sind für dieses Verfahren (41, 64, 70):

Kostspielige, bleibende Einrichtung; erhebliche Spesen bei Umbauten und Erweiterungen.

Transportieren von Brennstoffen und Rückständen; evtl. Feuern bei Nacht.

Heikler Unterhalt von Kessel, Röhren usw. Bei Wasser ist das Einfrieren zu befürchten.

Schnelle Inbetriebnahme, z. B. bei Frostgefahr, lässt sich nicht immer bewerkstelligen, ebenso rasche Regulierung der Wärme im Betrieb, somit nutzlose Wärmeabgabe tagsüber in der Uebergangszeit und bei klarem Wetter. Die Leitungen sind ungleich warm am Anfang und Ende.

Bei Dampfzirkulation wird Luft und Erde schnell trocken. Beim Dampfeinblasen kann leicht zuviel Kondenswasser in den Boden gelangen; die Fenster beschlagen sich und tropfen.

### Gärtnerisches beim Elektrobeet.

Neben vielen Anlagen geringerer Flächenausdehnung (Spalte V) sind vereinzelt solche mit bedeutendem Umfang vertreten (32, 33 d, 60, 67 b c, 69, 70). Gegenüber den andern Systemen kommen in bezug auf die Anpflanzungen kaum Abweichungen vor: in Spalte VI sind die meisten auch in sonstigen Treibanlagen vorkommenden Erzeugnisse verzeichnet (Becker, s. o.).

Wo innerhalb der entsprechenden Jahreszeit (Spalte VII und VIII) gegenüber den bisherigen Verfahren bemerkenswert kurze Wachstumsdauer, bzw. Verbesserung der Qualität, grössere Menge, geringerer Ausfall durch Missbildung und Schädlinge (61) beobachtet wurden, ist dies in Spalte IX durch + + + + (allgemein befriedigend durch · · + · · angedeutet. Hervorzuheben ist die Möglichkeit, in Elektrobeeten im Winterhalbjahr zwei bis drei Ernten zu erzielen (22, 36, 62, 64, 73) und die Beete auch in der meisten übrigen Zeit mit den niedrigsten Kosten in Betrieb zu halten (36, 61).

### Wärmeerzeugung beim Elektrobeet.

Alle in der Treiberei üblichen Boden- und Lufttemperaturen können eingehalten werden; sie liegen etwa zwischen 15 und 25° C (Spalte X) und sind dem Fachmann für jede Sorte und Treibperiode genau bekannt (Becker, s. o.). Unterschreitung um wenige Grade bringt Stillstand im Wachstum (20, 21, 39); einseitig überhöhte Temperatur führt nur zu Missbildungen und Vermehrung der Schädlinge (21).

Durch verschiedentlich in Elektrobeeten angestellte Versuche ist nachgewiesen, dass die Heizung infolge der guten Wärmeakkumulierung im Boden ohne Nachteil, z. B. tagsüber in Hinsicht auf die Energietarife, unterbunden werden kann (18/9, 31, 41, 46, 73).

Die Durchwärmung des Bodens erfordert, wenn sie durch kombinierte Boden- und Luftheizung oder gar nur durch Luftheizung aufgebracht werden soll, einen bedeutend grösseren Energieaufwand als mit Bodenheizung allein (34—37). Die zusätzliche Luftheizung in Treibbeeten kommt übrigens, abgesehen von Anlagen in nordischen Ländern, in der Regel nur als Reserve gegen starken Kälteanfall und bei hochwachsenden Pflanzen vor (31, 46, 61). Nicht zu vergessen ist, dass dort, wo zusätzliche Belichtung der Kulturen durch Metalldrahtlampen angewendet wird, deren Wärme an Stelle einer besonderen Luftheizung benützt werden kann (35, 44, 76).

Man hat für unsere Breiten den Wärmeverbrauch eines Treibbeets im Tag (Spalte XIV, Zahlen rechts) mit rund 50 Wh für 1 m<sup>2</sup> Fläche und pro ° C Temperaturerhöhung angegeben (41, 46). Beispielsweise ergibt sich, wenn die Bodentemperatur von 0 bis 20° erhöht werden soll, ein Verbrauch von rund 1 kWh pro m<sup>2</sup> im Tag (18, 19, 23—28, 41, 45 a, 46, 61, 73), der dank der Speichereigenschaft des Beets in den Nachtstunden aufgebracht werden kann. Mit diesem Verbrauch rechnen hier

die meisten Fälle; wo an dessen Stelle ein kleinerer (2—4, 22, 30, 45 b), bzw. grösserer Wert (46, 61) vorkommt, waren geringere, bzw. grössere Temperaturdifferenzen zu überbrücken. Rund 20 Grad entsprechen der Differenz, die in der Frühjahrs-treibperiode auftritt; evtl. müssen grössere Unterschiede, Windanfall, anderweitige vermehrte Verluste (56) durch entsprechende Erhöhung des obigen Wertes berücksichtigt werden.

In der guten Jahreszeit und in Häusern wird ein entsprechend niedrigerer Heizenergiebedarf eintreten, bei Freiland ein höherer. Für Skandinavien wurden bedeutend höhere als die genannten Verbrauchszahlen festgestellt. Dort muss mit ausgiebiger Benützung der Luftheizung gerechnet werden, da die Aussenluft viel niedrigere Temperaturen annimmt (34—37).

Fast durchwegs wird Strom von 220 bis 250 Volt aus den Verteilnetzen, und zwar Nachtenergie angewendet (Spalte XI und XII). In den allgemeinen Abhandlungen über Elektrobeete (34, 41, 62 und ausführlich über Schweden bei 35—37) sind verschiedene Anordnungen für Energieverteilung und -regulierung gegeben. Allgemein wird die Möglichkeit bevorzugt, am Treibbeet selbst die Schaltungen vorzunehmen, so dass hier, statt nur an zentraler Stelle, ausser den Anschlussdosen zwischen Zuleitung und Heizleiter, noch Schalter und Sicherungen usw. Aufstellung finden (34, 41, 61, 62).

Wo auf geringe Anlagekosten hingezielt ist, fixiert man die Heizdauer auf bestimmte Stunden nach Belieben oder mit einem Zeitschalter (8, 9, 11—13, 18, 19); wo parallelgeschaltete Heizstränge vorliegen, reguliert man durch Ein- und Ausschalten der einzelnen Teile, was automatisch durch Temperaturregler geschehen kann (41, 45, 62, 67). Eine ebenfalls automatische Regulierung mit gleichmässiger Wärmeverteilung im Beet erreicht man durch die gruppenweise Serie- und Parallelschaltung von Heizleitern, wobei mit Thermostaten die erforderlichen Regulierstufen eingestellt werden (35—37).

An Stelle der anfänglich benützten blanken Heizleiter für Verlegung unmittelbar in der Erde, die wegen der Kleinspannung von 25 bis 36 Volt eigene, die Anlage verteuern Transformatoren erforderten (2—4, 6, 18, 30, 34—37), findet man seit 1926 die Bodenheizkabel mit den üblichen Gebrauchsspannungen. Spannungen von 380 und 500 Volt und Gleichstrom sind keineswegs ausgeschlossen (30 c, 31, 32 a, 35, 38, 41, 71, 75). Bei Drehstrom mit geerdetem Nulleiter gestaltet sich dann die Installation besonders einfach, indem der Bleimantel zur Stromrückleitung herangezogen wird (38, 70) <sup>7)</sup>.

Die bekannten Kabelanordnungen in parallelen Schleifen kehren in den Abbildungen immer wieder. Man kann sich auch sonst z. B. vorstellen, dass derartige Schleifen etwa mit 20 cm-Abständen verlegt sind — dadurch ist gleichmässige Wärmeverteilung

<sup>7)</sup> In der Schweiz ist die Verwendung des Bleimantels als Stromrückleitung nach § 16 der Hausinstallationsvorschriften des SEV nicht zulässig.

lung in der Pflanz Erde sichergestellt (41) —, dann reicht ein Kabel von 50 m Einheitslänge für 10 m<sup>2</sup> Beetfläche aus und bringt, wenn es pro Laufmeter mit 25 W belastet wird, pro m<sup>2</sup> 125 W in den Boden, bei achtstündiger Heizdauer im Tag also die etwa im Mittel geforderte Energie einer kWh pro m<sup>2</sup>. Bei mittleren und grossen Beetanlagen liegt es also nahe, zwei und mehr solcher Einheitskabel im gleichen Beet anzuschliessen und sie, wie angedeutet, verschieden gruppiert so unter Spannung zu setzen, dass nach Bedarf die ganze Leistung oder nur ein Teil davon mit möglichst allen Kabeln zugleich abgegeben wird. Berechnungsbeispiele sind an verschiedenen Stellen zu finden; besonders in den allgemeinen Abhandlungen (34, 37, 62) sind Schaltungen angegeben, die darauf hinausgehen, bei jeder Regulierstufe die Wärme möglichst gleichmässig im Beet zu verteilen.

Bei Treibbeeten mit durchschnittlich achtstündiger Nachenergieheizung bewegen sich die Anschlusswerte (Spalte XIII) zwischen 110 und 160 W/m<sup>2</sup> (2—6, 18—29, 30, 33 f, 36, 41, 46). Dazu kommt, wo ausser der Bodenheizung noch Luftheizung angewendet wird, 15 bis 50 % für diese (37, 61, 69). Wo mit Bodenheizung geringere als die üblichen Temperaturdifferenzen überwunden werden sollen, wie in anderweitig beheizten Häusern, genügen viel kleinere Werte (40, 45 c, 56, 64). Bei Luftheizung allein und bei Freiland kommt es ganz auf den Zweck an (35, 59, 70). Im übrigen sind die Energietarife gebührend zu berücksichtigen.

An das Material der Bodenheizleiter sind besondere Anforderungen in bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion und mechanische Einwirkungen gestellt (31, 34—38, 70, 71). Die listenmässigen Heizkabel sind im Prinzip gleichartig als Bleimantelkabel mit einem durch Asbest und Papier isolierten Nickelinheizleiter aufgebaut.

Die Belastung pro Laufmeter kann bei Verlegung der Kabel unmittelbar in Erde, wie Versuche gezeigt haben (41), mit 30 W/m angesetzt werden. Wenn sich die Kabel in Röhren oder in ruhender Luft (Luftheizung) befinden, geht die Belastbarkeit auf etwa 20 bis 25 W/m zurück (34—38, 41, 70, 71). Sorgfältige Installation und Erdung werden vor allem verlangt (31, 34—37, 41, 70). Im übrigen ist einfache Disposition Bedingung, wenn die Anlagekosten in wirtschaftlichen Grenzen bleiben sollen.

### Wirtschaftlichkeit und Vorzüge des Elektrobeetes.

(Spalte XV.)

Hierzulande haben sich Anlagekosten für den gesamten elektrischen Teil um 15 Fr., bezogen auf den m<sup>2</sup> Treibbeetfläche, ergeben (8—17, 30 c, 31). In Gärtnerkreisen (b. 8—17, 20) erwartete man, wohl gestützt auf ausländische Angaben und Ausführungen mit ganz einfacher Energiezuleitung, eine bedeutend niedrigere Zahl (34—37), 41, 46, 54). Es ist gewiss möglich, dass sich in diesem

Punkt annehmbare Lösungen finden lassen, da die bisherigen Ausführungen meist in Anpassung an vorhandene Einrichtungen als Einzelausführungen entstanden sind (8—17, 23—28). Die vielfach gewünschte Automatisierung sollte, mit Ausnahme grosser Anlagen, separat in den Berechnungen erscheinen (23—28).

Die Betriebskostenberechnungen enthalten oft verschieden hohe Ansätze für Amortisation und Zins (18—19, 30, 31, 34—36, 41, 46, 64, 73). In andern Fällen fehlen auch Angaben über Unterhalt und Energiepreis. Dagegen wird verschiedentlich der kWh-Preis errechnet, bei dem das elektrische Verfahren gleichwertig ist mit den bisherigen Verfahren, meist dem mit Mistpackungen (Äquivalenzzahlen s. 30, 31, 33, 35—37, 39, 40, 41, 45, 46, 50, 55, 60—62, 73, 76). Die Bewertung der Kosten beim letzten Verfahren ist naturgemäss ebenfalls sehr verschieden.

Hier muss gesagt werden, dass die Energiekosten nur einen kleinen Teil der Betriebskosten ausmachen (2—4, 18—21, 31, 46) und dass sich die meisten dieser Berechnungen auf Vergleiche stützen, die mit Rücksicht auf das bisherige Mistbeetverfahren nur die Frühjahrstreibperiode in die Rechnung einbeziehen. Der Zahl der im Elektrobeet im Jahre erzielten Ernten ist aber besonderes Gewicht beizumessen. Die leider vereinzelt Vergleichsrechnungen (18—28, 64), die sich hierauf gründen, ergeben, dass *das elektrische Verfahren den bisherigen wirtschaftlich überlegen* ist. Diese Überlegenheit ist übrigens auch nachgewiesen, wo es sich um Sonderzwecke handelt (61, 67, 69, 70). Bei allen hier betrachteten und richtig zu Ende geführten Untersuchungen wurde das elektrische Verfahren als zumindest konkurrenzfähig bezeichnet (8—28, 39, 61). Ausserdem wurden gegenüber den andern Verfahren (s. Fussnote 6) die im folgenden zusammengefassten Vorzüge festgestellt, die meist nicht zahlenmässig zum Ausdruck gebracht werden konnten:

*Weniger Arbeit* und Aufsicht sowie dauerhaftere Bauart als beim Mistbeet; keine Verunreinigung.

*Bequemster Betrieb*: Betätigung von beliebiger Stelle aus; sofort betriebsbereit. Zuverlässig, wenn die Bedienung automatisch erfolgen soll. Frostsicher. Leichte, einwandfreie Verbrauchskontrolle.

Leichte Regulierung von Hand oder durch automatische Einstellung auf niedrige sowohl als auch auf hohe Temperaturen; genau soviel Wärme als gewünscht wird auf den Boden, bzw. auf die Luft angewendet (Anpassung an die Witterung und an die Anforderungen der Pflanzungen). Die Folge ist *grösstmöglicher Ertrag in kürzester Zeit* oder auf bestimmte Epoche. Möglichkeit, die zum besten Erfolg führenden Kombinationen aller Vorgänge beim Wachstum zu erforschen und auszunützen.

Die Ernten können auf verschiedene Jahreszeiten verlegt werden, somit sofortige Umstellung nach Marktlage, Anlässe, Modewechsel, Einführen.

Kann das ganze Jahr hindurch im Betrieb sein: bis drei Ernten im Winterhalbjahr, im Sommer die Treiberei von Melonen z. B., im Spätherbst und Winter die Verwendung zum Frostfreihalten von Spätkulturen (und Produkten) mit der Möglichkeit einer Nachtreibperiode.

Unvorhergesehene Ueberschüsse von Winterenergie und ähnliche Lieferungsmöglichkeiten können sofort ausgenützt



werden. Heisswasserspeicher zum Temperieren des Beriesungswassers u. a. können eher angeschlossen werden (32 a, 35—37).

Geringstes Risiko gegenüber Missernten; stärkerer Anreiz für Kleinbetriebe. Kulturen, die die Innentemperatur bestimmter Temperaturen während längerer Zeit erfordern, können im Elektrobeet statt im teuren Treibhaus gezogen werden.

Einbau in bestehende Anlagen und Erweiterungen sind leicht durchführbar. Die Heizleiter können zum Entfernen vorgesehen, revidiert, anderweitig untergebracht werden (70).

Kein Uebermass an Bodenfeuchtigkeit, an Kohlensäure und Ammoniak, somit kein Zwang zum Ventilieren bei unpassender Zeit. Grössere als die im Elektrobeet von selbst entstehende Kohlensäuremenge kann einfach und genau anderweitig erzeugt werden (33 g, 43, 46).

Ausser diesen gärtnerischen Vorteilen dürfen noch folgende allgemeine Gründe zugunsten der elektrischen Treiberei geltend gemacht werden:

Verminderung der Einfuhr. Neue Erwerbsmöglichkeit im Inland. Verbesserung der eigenen Produktion, dies auch, wo die Bodenbewirtung sonst wenig Aussicht bietet (kleine Flächen im Stadtgebiet, Meliorationen, hochgelegene Orte).

Wir erhalten zu allen Jahreszeiten hygienisch einwandfreie, im Gegensatz zu gewissen importierten Sorten besser

schmeckende und, weil richtig ausgereift, bekömmlichere Erzeugnisse.

Die Produktion geschieht mit der eigenen, stets zur Verfügung stehenden Energie.

Diese Energie wird nachts konstant, mit gutem Leistungsfaktor und günstigenfalls das ganze Jahr hindurch beansprucht. Das Elektrobeet ist dank der guten Akkumulierung ein unempfindlicher Abnehmer.

Den Werken wird die Möglichkeit gegeben, ihre Anlagen in vermehrtem Mass auszunützen, eventuell weitere Anschlüsse zu gewinnen. Das in gewissen Kreisen mangelnde Interesse an der Elektrizität als Nationalgut und zugleich Hilfsmittel könnte durch diese Anwendung weiter angeregt werden.

Es ist anzunehmen, dass sich die vermehrte Einführung der Elektrobeete mit Aussicht auf Erfolg betreiben lassen wird, denn von der Gegenseite werden zumeist nur Preis von Energie und Installation als zu schwerwiegend ins Feld geführt. Sobald mustergültige Lösungen vorliegen, dürfte auch diese Anwendung der Elektrizität an geeigneten Orten ihre Verbreitung finden.

## Einige Methoden und Resultate moderner Mikrozeitmessung.

Vortrag, gehalten am 27. Mai 1935 in der Physikalischen Gesellschaft Zürich,

von K. Berger, Zürich.

531.761 : 621.317.755

*Der Vortragende beschreibt einige Methoden der modernen Mikrozeitmessung. Dabei wird unterschieden zwischen der ausschliesslichen Bestimmung kurzer Zeitdauern als Selbstzweck und der impliziten Zeitmessung bei der Ausmessung rasch verlaufender Vorgänge (Zeitfunktionen). Bei den zweiten Methoden wird als universelles Messinstrument («Zeit-Mikroskop») der Kathodenstrahl-Oszillograph beschrieben. Die Mikrozeitmessung der zweiten Art erlaubt das Eindringen der Erkenntnis in Zeiträume bis herunter zu  $10^{-7}$  bis  $10^{-8}$  s für all jene Naturereignisse, die sich formgetreu in elektrische Spannungen umformen lassen. Sie lässt dabei erkennen, dass im physikalischen Naturgeschehen, besonders bei den elektrischen Erscheinungen, die Wellenvorgänge eine grosse Rolle spielen. Einige technisch bedeutsame Wirkungen elektrischer Leitungsquellen werden beschrieben und durch einige Mikrozeit-Oszillogramme belegt.*

*L'orateur décrit quelques méthodes modernes de mesure «microscopique» du temps. Il distingue entre la détermination proprement dite de brefs intervalles de temps et le relevé de phénomènes rapides (fonctions du temps). C'est l'oscillographe cathodique qui sert d'instrument universel («microscope de temps») pour ce dernier genre de mesures, permettant d'explorer des intervalles de l'ordre de  $10^{-7}$  à  $10^{-8}$  seconde pour tous les phénomènes qui se laissent traduire fidèlement sous forme de tensions électriques. Ces observations montrent que les processus ondulatoires jouent un grand rôle dans les phénomènes physiques naturels, notamment dans les phénomènes électriques. L'orateur décrit enfin à l'aide d'oscillogrammes quelques effets importants d'ondes électriques le long des lignes aériennes.*

### I. Zeitmessung.

Von Mikrozeitmessung, d. h. Messung kleiner Zeiten, kann man in zweifachem Sinne sprechen. Man kann darunter zunächst die Bestimmung kurzer Zeitdauern verstehen; diese Aufgabe ist lediglich eine Aufgabe der Zeitmessung. Im weiteren Sinne aber erstrebt die Mikrozeitmessung nicht nur die Messung eines irgendwie definierten Zeitintervalles, sondern die Registrierung irgendwelcher rascher Aenderungen einer Grösse als Ordinate über der Zeit als Abszisse. Es ist nicht möglich, die Fülle von Methoden und Resultaten der neuern Mikrozeitmessung in einem einzigen Vortrag erschöpfend zu besprechen; man muss sich auf einige Beispiele beschränken und daher jene bevorzugen, die besondere technische Bedeutung erlangt haben.

Zunächst soll das erste Problem kurz gestreift werden, um dann etwas ausführlicher das zweite Problem zu behandeln, das technisch ungleich wichtiger und interessanter ist.

Wenn man heute von Zeitmessung spricht, so geschieht dies seit dem Bekanntwerden der speziellen Relativitätstheorie mit mehr Bescheidenheit als früher. Man gibt sich keine Mühe mehr im Suchen einer absoluten Zeit; man nimmt den Zeitbegriff rein relativ hin, wie er der Erfahrung des Sonnenumlauftes, der Jahre, Monate und Tage entspricht. Wissenschaftliches Interesse hat vor allem die genaue und unbedingt konstante Unterteilung dieser uns von der Natur vorgezeichneten Intervalle. Diese Unterteilung beginnt mit der Erfindung der Pendeluhr von Huyghens im Jahre 1657; sie nimmt ihren Weg über die Federuhren (1660), Chronometer und Stoppuhren und erlaubt heute die Abstopfung von Zeitintervallen bis herunter zu  $\frac{1}{100}$  s mit einer Präzision bis ca.  $\frac{1}{1000}$  s. Zur Messung kürzerer Zeiten bedient man sich sehr mannigfacher, dem jeweiligen Zweck entsprechender Methoden der Zeitdauer-messung. Drei Gruppen, nämlich mechanische, elektrische und optische Zeitmessung seien angeführt.