

Melioration: Bewässerung, Beregnung

Die große meliorationstechnische Tagung während der 12. Landwirtschaftsausstellung in Marktleberg im Juni 1964 darf man als Auftakt zu größerer Aktivität auf dem Gebiet der Beregnung in unserer Landwirtschaft ansehen; wir berichteten darüber bereits in unserem Heft 10/1964. Anschließend veröffentlichen wir einige Beiträge, die das gleiche Thema behandeln oder ihm verwandt sind. Wir wollen damit noch einmal die Bedeutung dieser Frage hervorheben, die sich zum anderen dadurch beweist, daß nun ein Beregnungsprogramm für die Jahre 1965 bis 1970 festgelegt wurde. Darüber hinaus möchten wir schon heute ankündigen, daß im II. Quartal 1965 ein Aufsatzkomplex zu Fragen der Bewässerung und Beregnung in unserer Zeitschrift veröffentlicht werden wird.

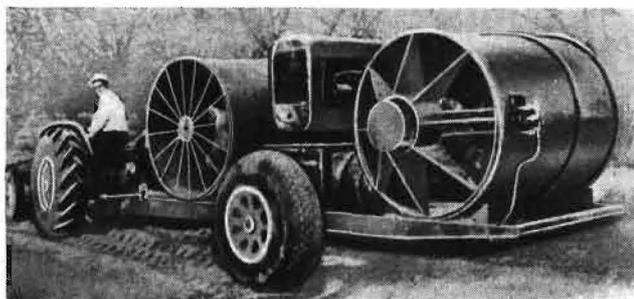
Die Redaktion

Dipl.-Ing. L. HORVATH, Budapest

In Gärtnereien und Weingärten sowie im Obstbau verbrennt man schon seit langem bei auftretendem Frost nasses Holz u. ä., um die Kulturen durch einen dichten Rauch zu schützen. In letzter Zeit werden nun neue und wirksamere Einrichtungen für den Frostschutz entwickelt. In Kalifornien z. B. verwenden die Obstzüchter teils selbstgefertigte, teils industriell hergestellte Luftheiz-Aggregate, um die Luft ohne Rauchentwicklung zu erwärmen. Solch ein modernes Gerät zeigt Bild 1. Ein Motor mit 75 PS Leistung treibt zwei auf einem Anhänger montierte Gebläse, die in entgegengesetzter Richtung arbeiten, so daß die von zwei Butangasbrennern erwärmte Luft beiderseits ausströmt. Es werden 4500 m^3 Luft/min mit 1 Mill kcal erwärmt und mit einer Reichweite von etwa je 125 m nach beiden Seiten zwischen die Bäume geblasen. Um die Frostgefahr rechtzeitig erkennen zu können, werden in den Gärten Fernmelde-Thermometer aufgestellt, die Alarmsignale geben, sobald die Temperatur unter Null sinkt.

Es werden auch kleinere, billigere Aggregate hergestellt, die mit einem Gebläse arbeiten, das die erwärmte Luft beiderseits ausbläst. Eine andere Ausführung sehen wir auf Bild 2. Das auf Kufen zu transportierende Aggregat ist drehbar und man kann dadurch von einem Standplatz aus eine Fläche von 4 ha behandeln. Die Luft läßt sich mit diesen Geräten ungefähr um 2°C erwärmen, so daß leichte Fröste abgewehrt werden können. In Europa und überall dort, wo ein strängeres Klima herrscht, reichen diese Temperaturen nicht aus. Bei Frösten von -5°C und sogar bis -10° ist das Erhitzen von Luft kein geeigneter Schutz, weil einerseits die erwärmte Luft schnell in die Höhe steigt, andererseits riesige Mengen von warmer Luft nötig wären, um die nötige Wärme zu transportieren.

Dieses Problem wurde durch KESSLER und KÄMPFERT gelöst, die in ihren grundlegenden Arbeiten [1] schon im Jahre 1940 auf die Möglichkeit der Abwehr von Frösten durch Beregnung hingewiesen haben.



Frostschutz im Obst- und Gartenbau

Nachdem sich ihre Feststellung auch in der Praxis bewährt hatte, wurde man zu optimistisch und nahm an, daß ein Niederschlag von 2 mm/m^2 ausreichen würde, um einen Frost von -10°C zu bekämpfen.

Da dies sich als falsch herausstellte, war man genötigt, die Frage weiter zu untersuchen. Daß die Pflanzen auch in der Blütezeit durch Beregnen gegen Frost geschützt werden können, beruht darauf, daß beim Gefrieren von 1 kg Wasser $79,4 \text{ cal}$ Wärme frei werden. Wenn bei Frostweiter die Pflanzen beregnet werden, friert das Wasser auf den Pflanzen, die freiwerdende Wärme läßt aber nicht zu, daß die Temperatur weit unter 0°C sinkt; bei andauerndem Frost und Beregnung bildet sich eine dicke Eiskruste an den Blättern, die aber damit vor dem Erfrieren geschützt werden. Hinzu kommt, daß die Temperatur des fließenden Wassers bedeutend über 0°C liegt. Auf Grund wissenschaftlicher und praktischer Versuche wurde festgestellt, daß bei niedrigen Kulturen und bei einer Windgeschwindigkeit von $0,5 \text{ m/s}$ folgende Wassergaben erforderlich sind:

$1,5 \text{ mm/m}^2 \cdot \text{h}$ bis $-4,5^\circ \text{C}$	$4,5 \text{ mm/m}^2 \cdot \text{h}$ bis $-7,5^\circ \text{C}$
$3 \text{ mm/m}^2 \cdot \text{h}$ bis -6°C	$6 \text{ mm/m}^2 \cdot \text{h}$ bis -10°C

Es hat sich ferner gezeigt, daß die gesamte Wassermenge viel zu groß wäre, wenn man bei zu erwartendem Frost die ganze Nacht über die genannten Mengen verregnen würde; soviel Wasser wäre einmal meistens nicht verfügbar und zweitens schädlich für die Pflanzen. Man sieht aber sofort ein, daß diese enormen Wassermengen auch nicht nötig sind, wenn man bedenkt, daß ein Frost nicht sofort mit der niedrigsten Temperatur einsetzt, sondern diese nur während einer kurzen Zeit besteht. Bild 3a zeigt den Temperaturverlauf einer Nacht bis zu -4°C . Etwa 3,5 h vergehen, bis der Frost $\approx -4^\circ \text{C}$ erreicht, schon nach 1,5 h steigt die Temperatur schnell wieder an. Es wäre daher Verschwendung, wenn man während der ganzen Zeit die der Temperatur von -4°C entsprechende

◀ Bild 1
Luftheizaggregat,
angehängt an
einen Traktor

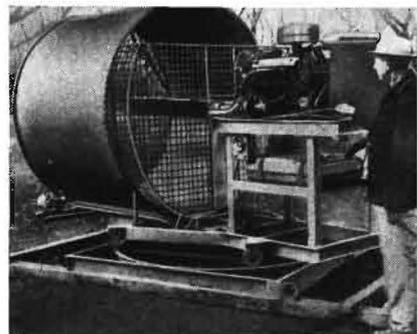
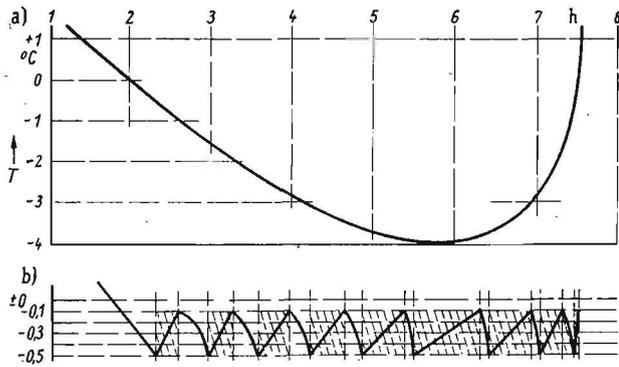


Bild 2
Transportables
Heizaggregat



maximale Wassermenge verregnen würde. Das Wasser ist also entsprechend der Temperatur der Pflanzen zu regulieren. Dies kann nur durch Einschieben von Beregnungspausen geschehen. Bild 3b zeigt eine derart geregelte Beregnung. Der volle Strich zeigt die Temperatur der Pflanzen; sobald diese -5°C erreicht, wird die Beregnung in Gang gesetzt und beim Erreichen einer Temperatur von $-0,1^{\circ}$ wieder unterbrochen. Die Pausen werden um so kürzer, je stärker die Temperatur sinkt, man sieht aber, daß bedeutende Wassermengen eingespart werden.

Die Steuerung der Beregnungsanlage kann vollautomatisiert werden; z. B. hat PERROT dafür verschiedene Einrichtungen konstruiert. Die einfachste ist schematisch in Bild 4 dargestellt. Innerhalb der zu beregnenden Kultur ist ein Temperaturmeßgerät *a* (Kontakt-Thermometer) ausgestellt; es steuert die Bewegung eines Kontaktgliedes *b*, das am gezahnten Rand *c* einer sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit drehenden Kontaktscheibe *d* gleitet. Eine Temperaturverminderung bewirkt die Abwärtsbewegung und eine Erhöhung die Aufwärtsbewegung des Gliedes.



▲ Bild 5
Frostschutz in
der Schweiz,
Kanton Wallis

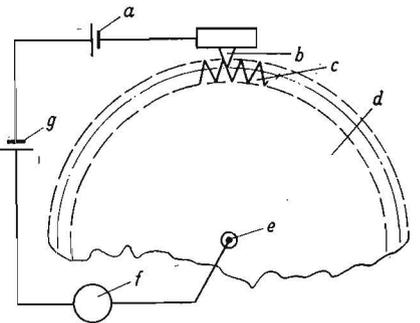


▲ Bild 6
Frostschutz im
Obstbau

Bild 7
Wasserverbrauch
verschiedener
Kulturen in
Mitteleuropa

◀ Bild 3
a Lufttemperatur,
b Temperatur der
Pflanzen. Regen-
perioden gestrichelt

Bild 4
Automatische
Steuerung einer
Beregnungsanlage:
a Thermometer,
b Kontaktglied,
c Gezahnter Rand
der Kontaktscheibe,
d Kontaktscheibe,
e Lagerung der
Kontaktscheibe,
f Hauptventil,
g Stromquelle

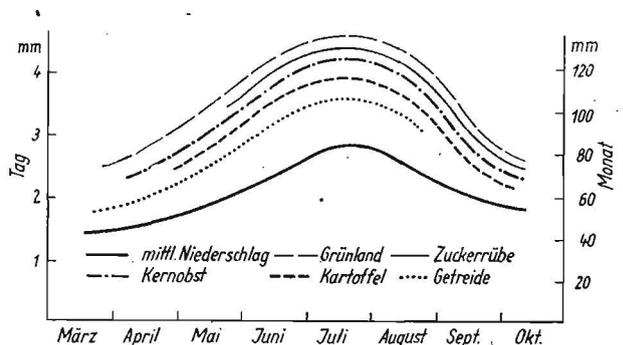


Bei extremem Frost zeigt das Kontaktglied seinen tiefsten Stand und gleitet schon auf den ungezahnten Teil der Scheibe. Durch Glied und Scheibe, ferner durch den Solenoid des Haupt-Schnellschlußventils *f* fließt ein Strom, der das Ventil dauernd geöffnet hält, es wird beregnet. Bei sinkendem Frost, d. h. bei steigender Temperatur bewegt sich das Kontaktglied aufwärts; ist es z. B. in halber Höhe des Zahnkranzes, so hört das Beregnen auf, solange das Glied zwischen zwei Zähnen schwebt, das Ventil wird in gleichen Intervallen geöffnet und geschlossen; steigt die Temperatur weiter, so werden die Pausen länger. Ein Windmeßgerät kann die Relativbewegung des Kontaktgliedes additiv dadurch beeinflussen, daß die Achslager der Kontaktscheibe vertikal beweglich angeordnet und bei starker Luftbewegung gehoben werden.

Es wurden außerdem verschiedene empfindliche Apparate konstruiert, die mit Impulsen arbeiten und große Pumpenanlagen steuern. Der wichtigste Punkt ist die richtige Erfassung der Pflanzentemperatur; man kann sich vorstellen, daß dort, wo es sich um Zehntelgrade handelt, die Aufstellung eines einfachen Kontaktthermometers nicht genügt. Es werden z. B. ein Paar Kontaktthermometer in der zu schützenden Kultur aufgestellt, so daß der temperaturrezeptive Teil Regen und Wind ausgesetzt ist. Es wird außerdem flach gestaltet, damit die Oberfläche der des Pflanzenblattes entspricht, und so zeigen die beiden Kontaktthermometer einen Temperaturverlauf, der dem in dem Pflanzenbett entspricht. Dieser Temperaturverlauf soll eine Resultierende sämtlicher temperaturbestimmenden Komponenten darstellen, wie die absolute Temperatur, Wärmefreisetzung durch den Gefriervorgang des Wassers und Wärmeentzug infolge Wasserverdunstung, besonders beim Wind.

Die Kontaktthermometer sind so eingestellt (Bild 3b), daß ein Kontakt bei $-0,5^{\circ}\text{C}$ und bei $-0,1^{\circ}\text{C}$ erfolgt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Pflanzen innerhalb dieser Temperaturgrenzen nicht erfrieren, durch die Automatik werden diese Grenzen eingehalten. Um die Temperatur der Pflanzen sicher zu erfassen, können Nadelthermometer verwendet werden, die direkt in die Pflanze eingestochen werden. Außerdem sind verschiedene örtliche Faktoren zu beachten, z. B. in Weinbergen (Bild 5), haben die unteren Abschnitte einen größeren Druck, als die am Berg oben liegenden, in der Ebene die weitabliegenden Flächen infolge des Rohrwiderstands kleineren Druck, usw. In Obstgärten verwendet man Regner, die auf hohe Masten montiert sind (Bild 6).

(Fortsetzung auf Seite 547)



Berechnung gibt es in Deutschland etwa seit Beginn dieses Jahrhunderts. Schon im Jahre 1910 hat die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) eine Vergleichsprüfung von Berechnungsanlagen durchgeführt, allerdings von Fabrikaten, die heute längst vergessen sind. Erst in den 20er Jahren hat eine systematische Entwicklung der Berechnungstechnik eingesetzt. Das Ziel war zunächst und für etwa drei Jahrzehnte, die anfangs schwerfälligen Anlagen beweglicher zu machen, ihre Handhabung zu erleichtern, ihre Förderleistung zu steigern, den Aktionsradius der Berechnungsgeräte zu vergrößern und ihre gleichmäßigere Wasserverteilung zu erreichen. Im letzten Jahrzehnt ist infolge rapider Abnahme der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft die Forderung immer dringender geworden, den Arbeitsaufwand zu verringern und die Berechnung so weit wie möglich zu automatisieren, möglichst mit „Einmann-Bedienung“ auszukommen.

Während in der Frühzeit der Berechnung die durch Verwendung von Gußeisen und Stahl sehr schwerfälligen Anlagen mit geringer Leistung auf 20 bis 30 ha berechneter Fläche 3 bis 4 ständige Bedienungskräfte erforderten, so daß 1 Ak auf nur 7 bis 8 ha kam, hat die Entwicklung neuer Berechnungstechniken und neuer Arbeitsverfahren dazu geführt, daß heute in Einzelbetrieben 1 Ak das Siebenfache an Berechnungsfläche, nämlich 40 bis 60 ha versorgen kann, und zwar im nur zeitweiligen, nicht ständigen Einsatz. In Berechnungs-Großverbänden, die den Vorschub und den Umbau der beweglichen Berechnungssätze mit Spezialrohrtransportfahrzeugen im Kolonnenbetrieb bewältigen, — wie z. B. im Abwasserwertungsverband Braunschweig —, rechnet man sogar 130 bis 140 ha Berechnungsfläche auf 1 Ak. Der hier in den vorangegangenen Vorträgen geäußerte Wunsch, einen Arbeitskräftebesatz für die Berechnung von 1 Ak auf 80 bis 100 ha zu erreichen, ist also mit neuzeitlicher Technik durchaus erfüllbar.

Voll ortsfeste Anlagen bleiben teuer und können nur bei entsprechend hohem Geldumsatz von der berechneten Fläche wirtschaftlich betrieben werden. Selbstverständlich vermindert teilbewegliche Ausführung den Arbeitsaufwand, sie muß aber in einem wirtschaftlich vertretbaren Umfang gehalten werden. Als Werkstoffe für Unterflur-Rohrleitungen hat sich in allen Größen Asbestzement gegenüber Gußeisen und Stahl durchgesetzt; bis 150 mm Rohrweite ist in Westdeutschland neuerdings der Kunststoff Polyvinylchlorid (PVC) wettbewerbsfähig.

Die Berechnungsgeräte haben sich von der Starkberechnung mit Standdüsen und 80 mm/h über die Mittelstarkberechnung mit Weit-Drehstrahlregnern und 12 bis 16 mm/h zur Schwachberechnung mit Schwinghebel-Drehstrahlregnern und 4 bis

¹ Kurzfassung eines Vortrages auf der Meliorationstechnischen Tagung 1964 der DAG und KDT am 17. Juni 1964 in Leipzig

(Schluß von Seite 546)

Die Pumpen können stabil in einem Pumpenhaus untergebracht werden, oder aber transportabel sein. Dies hängt auch davon ab, wie man die Anlage im Sommer für das Berechnen verwendet. Je wertvoller die erzeugten Produkte sind, um so mehr zahlt sich ein Frostschutz aus; in den Weinbergen des Rhein- und Moselgebietes sind große Berechnungsanlagen in Betrieb, deren Hauptzweck der Frostschutz ist; auch in Gärtnereien kann es entscheidend sein. Man soll aber auch die Anwendung der Berechnung im Sommer in Betracht ziehen, wenn man ökonomische Überlegungen anstellt. Bild 7 zeigt den Wasserverbrauch verschiedener Kulturcn- und die mittlere Regenmenge.

Literatur

- [1] KESSLER, O. W., und W. KÄMPFERT: Die Frostschadenverhütung. Wiss. Abh. RfW6 Nr. 2 (1940) A 5621

7 mm/h Berechnungsdichte entwickelt. Güte der Strahllösung, Feintropfenbildung und Wasserverteilung sind davon abhängig, daß Strahlrohrlänge und -weite, Düsenweite, Betriebsdruck am Regner und Wasserspense richtig aufeinander abgestimmt werden, wie in den Untersuchungen des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (KTL) nachgewiesen wurde. Hauptvorteil der Schwachberechnung gegenüber den älteren Verfahren ist die hydraulisch günstigere Verteilung der geförderten Wassermenge auf zahlreiche Regner, demzufolge geringere Rohrweiten der Regnerleitungen und geringere Rohrmasse, lange Betriebszeiten ohne Aufsicht und nur kurze Bedienungszeiten für Vorschub und Umbau — das bedeutet eine sehr erhebliche Einsparung an Arbeitszeit! —, eine bodenschonende Berechnungsweise und eine bessere Möglichkeit, über Nacht mit höherem Wirkungsgrad zu berechnen.

Da Vorschub und Transport der Schnellkupplungsrohre den größten Anteil am Arbeitsaufwand ausmachen, ist man bestrebt, vor allem diese Arbeitsgänge zu erleichtern — Leichtmetall- und Kunststoffrohre sind hier zu nennen —, zu mechanisieren und zu automatisieren.

Die Schnellkupplungsrohre der „rollenden Regnerleitung“ ruhen in Abständen von je 6 m in Rädern; 120 bis 150 m lang wird sie durch einen Benzinmotor in die nächste Arbeitsstellung weitergerückt und erspart viel Handarbeit. Sie ist aber nur auf nahezu ebenen, völlig rechteckigen und einheitlich genutzten Schlägen von wenigstens 6 ha Größe anwendbar.

Vorschub und Umbau der beweglichen Berechnungssätze sind durch praktische Transportfahrzeuge mechanisiert worden: einachsige und zweiachsige Anhänger, Rohrselbstfahrer und auf verschiedene Traktortypen leicht auf- und abmontierbare Traggerüste.

Immer mehr setzen sich Berechnungsverfahren mit einer Kombination von Schnellkupplungsrohren und Kunststoffschläuchen durch, wobei durch Aufstellung nur einer Rohrleitung und seitliches Versetzen der Stativregner 3 bis 6 Regnerreihen nacheinander versorgt, also Schlagbreiten bis zu 120 m durchberechnet werden können. Mehrere Hersteller haben hierfür Rohr-Schlauch-Transport-Spezialanhänger entwickelt, z. T. mit Schlauchtrommeln für Zapfwellenantrieb.

Bei dem Verfahren mit Regnerleitungen aus Polyäthylen-Plastikrohr beschränkt sich die Handarbeit auf das Ein- und Auskuppeln der Stativregner; dabei wird das Rohr bis zu 360 m Schlaglänge von einer vom Traktor gezogenen Trommel ausgelegt und nach der Berechnungsgabe vom Schlagrand her mit Hilfe der Zapfwelle wieder auf die Trommel aufgespult. Man vermeidet so, daß der Traktor mit der schweren Plastikrohrtrommel durch einen frisch berechneten Feldbestand fahren müßte.

Als ein wichtiger Fortschritt in der Automatisierung der Berechnung ist der „Dieselwächter“ zu nennen, dessen Aufgaben noch über die des Elektromotor-Schutzschalters hinausgehen. Er macht das Verfahren der Schwachberechnung dadurch erst sinnvoll, daß nun auch eine vom Dieselmotor oder vom Traktor angetriebene Berechnungspumpe eine viele Stunden dauernde Betriebszeit hindurch, auch über Nacht, ohne Aufsicht arbeiten kann, ebenso wie die Leitungen und Regner. Diese Sicherheitseinrichtung setzt bei jeder möglichen Störung den Motor still, bevor Schaden entsteht: bei zu geringem Öldruck, zu hoher Motortemperatur oder zu geringem Wasserdruck der Pumpe. Nicht nur die betreffenden Schwellenwerte sind einstellbar, sondern über eine Schaltuhr mit Betriebsstundenzähler auch die gewünschte Betriebszeit der Anlage bei störungsfreiem Betrieb.

Schließlich bedeutet es eine technische und arbeitswirtschaftliche Vereinfachung, wenn heute in vielen Fällen die Berechnungspumpe direkt durch den Motor in der Weise entlüftet wird, daß sein Auspuffrohr als Gasstrahlpumpe wirkt. Hierdurch fällt das Bedienen einer besonderen Entlüftungspumpe weg, was früher das Anfahren einer Dieselmotorpumpe oft recht beschwerlich machte.