

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111/112 (1938)
Heft: 19

Artikel: Die künstliche Grastrocknung
Autor: Müller, W. / Ringwald, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-49851>

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: 09.02.2026

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

INHALT: Die künstliche Graströcknung. — Die Wasserversorgung der Gemeinden Aesch und Pfeffingen (Kt. Baselland). — Tessiner Architekten von heute. — Mitteilungen: Neuartige elektrische Raumheizung. Durchnässung oder Versottung von Hauskaminen. Das elektrotechnische Institut der T. H. Giza bei Kairo. Erfahrungen mit dem Schweißen von Eisenbahnbrücken. Umformermotorwagen der südafrikanischen Eisenbahnen.

Stand der Durchstrahlungsprüfung von Werkstoffen. Unfallverhütung bei den SBB. Zur Frage der akademischen Ehrenpromotion. Zur Frage der Lüftung langer Autotunnel. — Nekrologe: Gino Bariola. Emil Schmid. — Wettbewerbe: Passionsspielhaus in Selzach. Turnhalle in Baar (Kt. Zug). — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 111

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 19

Die künstliche Graströcknung

Von Dipl. Ing. W. MÜLLER (Uzwil) und Dr. F. RINGWALD (Luzern)

Allgemeines. Das Problem der künstlichen Graströcknung ist vor Jahrzehnten schon studiert worden. Die Einrichtungen von damals waren aber technisch mangelhaft, unökonomisch und betrieblich unpraktisch. Die Gründe, warum man sich angesichts unseres feuchten, niederschlagsreichen Klimas immer wieder für die künstliche Graströcknung einsetzt, liegen in folgenden Nachteilen der traditionellen Heugewinnung: zu grosse Arbeitsspitze während der kurzen Heuernte, enorme Nährwertverluste und schlechte Futterqualität, daher zusätzlicher Kraftfutterbedarf, Heustockbrände.

Nachdem wir das Bedürfnis anerkennen, interessiert uns zunächst die wichtige Frage: Kann ein Graströckner als rein landwirtschaftliche Maschine je zu einer rentablen Anlage werden? Kann die Landwirtschaft die Belastung durch eine weitere Maschine wirtschaftlich tragen? Die Antwort hierauf findet sich im folgenden Hauptabschnitt II, dessen Inhalt folgendermassen zusammengefasst werden kann: Der Graströckner bewahrt uns vor Ernteverlusten, die bei der bisherigen Heugewinnung auch unter günstigen Verhältnissen unvermeidlich sind und 30 bis 50% des Bodenertrages ausmachen, was für die Schweiz einem jährlichen Verlust von mindestens 85 Mill. Fr. entspricht. Schlechte Witterung vermindert die Futterqualität weiter, sodass wir im Durchschnitt jährlich noch für 78 Mill. Fr. Kraftfutter aus dem Ausland einführen müssen. Der Graströckner würde nun erlauben, durch 5- bis 7faches Mähen der Wiesen bei genügender Düngung den Ertrag des Bodens erheblich zu steigern, was für die Landesversorgung wichtig ist. Endlich gelangen durch die Nachgährung des Futters, namentlich nach misslichem Erntewetter, eine beträchtliche Anzahl Heustöcke in Brand; so bezahlen z. B. die Kantone Zürich und Luzern jährlich rd. 200 000 Fr. für Brandschäden infolge Selbstentzündung der Heustöcke.

I. Technisches

Das Trocknen organischer Stoffe zwecks Erhaltung der Nährwerte, Vitamine, Mineralien, Aromatika usw. fordert besonders rücksichtsvolle Behandlung; andererseits gebieten ökonomische Rücksichten ein rationelles Wasserverdunsten. Man vermutet, dass sich diese beiden Forderungen widersprechen: Die Schonung des Pflanzengutes verlangt mildes Trocknen, das rationelle Trocknen hingegen kurze Trockenzeit, also hohe Trockenkraft. Das letzte mag bei anorganischen Stoffen richtig sein, bei organischen aber muss dem Loslösen von Zell- und Kapillarswasser besonders Rechnung getragen werden. Das Herausdiffundieren des inneren Wassers aus den, bei den Gräsern meist in der Längsrichtung verlaufenden, Kapillaren wird bei schroffer Trocknung durch Schrumpfen des Gutes und Verstopfen der Poren sehr erschwert. Das Gras mit seiner schlechten Eigenschaft, sich zu Knäueln oder Walzen zu verschlingen, ist für eine gleichmässige Luftdurchströmung nicht gut geeignet; deshalb wird das Trocknen mit wenig Luft und hohen Temperaturen unwirtschaftlich. Ferner lässt sich das Gras schlecht fördern und erschwert einen kontinuierlichen Betrieb; besondere Massnahmen zum ständigen Lockern und gleichmässigen Bewegen und Fördern des Grases sind notwendig. Dazu muss die Luft in grossen Mengen gleichmässig verteilt das Gut durchströmen, um die Diffusion zu verstärken. Die oben genannten Forderungen werden also nicht zu Gegensätzen. Schonung des Gutes, Wirtschaftlichkeit des Betriebes, gleichmässige, kontinuierliche Bewegung von Material und Luft verlangen alle *grosse Luftmenge, mässige Temperaturen.*

Die zu verdunstenden Wassermengen sind ganz bedeutend, sodass die Wärmeökonomie einen grossen Einfluss auf die Trocknenkosten ausübt. Abb. 1 zeigt, welche Grasmengen getrocknet werden müssen, um bei gegebener Feuchtigkeit eine bestimmte Trockengrasmenge zu erhalten. Junggras, das hauptsächlich zur Trocknung gelangen soll, besitzt regennass eine Feuchtigkeit von mehr als 90%. Diese lässt sich zwar als Oberflächenwasser leicht austreiben, benötigt aber immerhin eine beträchtliche Wärmemenge. Und doch lohnt es sich, hinsichtlich der bei Junggras reichlich enthaltenen und erhaltenen Nährstoffe, diese Wärmemengen aufzuwenden. In Fällen, wo bei längeren Regenperioden das Futter auf dem Felde verdorbt, kann, wenn auch teuer,

immerhin ein hochwertiges Dürffutter gewonnen werden. Bei trockenem Wetter oder gar bei Sonnenschein werden die Trockenbedingungen durch leichtes Vorwelken auf der Wiese ohne Qualitätsverluste so viel günstiger, dass die Unkosten mit dem Aufwand bei Naturheu konkurrieren können.

Neben der Feuchtigkeit hat das Alter und die Art des Grases einen grossen Einfluss auf die Trocknung. Die Diffusionseigenschaften, die den Wärmebedarf bestimmen, hängen von der Materialbeschaffenheit des Trockengutes ab. Nährstoff-, insbesondere eiweissreiches Junggras verlangt nicht nur mehr Wärme als stengelreiches ausgereiftes Gras, sondern ist dazu noch äusserst schwierig gleichmässig zu trocknen.

Beschreibung des Graströckners (Abb. 2 bis 5).

Die Firma Gebrüder Bühler (Uzwil) hat in Zusammenarbeit mit den Zentralschweizerischen Kraftwerken (Luzern) das Problem neu untersucht und in kurzer Zeit einen Graströckner entwickelt, der allen Bedürfnissen weitgehend Rechnung trägt.

Der Trockner besteht aus einer rotierenden Trommel von 2,5 m ϕ und 8 m Länge. Die Trommel ist zum Durchlassen der Trockenluft mit feinem Drahtgewebe bespannt. Zur Bewegung des Grases in Umfangsrichtung besitzt die Trommel ebenfalls gespannte Förderpaletten und Förderschaukeln. Der Vorschub des Grases in axialer Richtung wird erreicht durch eine geringe Neigung der Trommelaxe. Dem Trockner ist eine Quetschvorrichtung mit anschliessendem Kettentransport vorgeschaltet. Als Wärmequelle dient eine mit Kohle, Koks oder Holz betriebene Feuerung; die Heizung kann auch elektrisch geschehen. Die dazu nötigen elektrischen Installationen werden zwar wegen der hohen Anschlusswerte von 1000 bis 1500 kW erheblich teuer.

Das Gras gelangt frisch geschnitten oder auf der Wiese während weniger Stunden vom Oberflächenwasser abgetrocknet und leicht vorgewelkt vom Wagen per Gabel auf den Speisetransport. Dieser besteht aus einem glatten, horizontalen Band, das soviel Gras zur Speisevorrichtung fortbewegt, als mit der Gabel aufgegeben wird. Der Speisemechanismus fördert nun seinerseits nur ein bestimmtes, durch seine Drehzahl gegebenes Quantum und sorgt so für gleichmässigen Betrieb. Der Materialüberschuss staut sich vor dem Speiseapparat auf, wo er dem Bedienungspersonal auffällt und korrigiert werden kann. Vom Speiseapparat gelangt das Gras in die Quetschvorrichtung. In dieser, die aus zwei Walzen oder einem Kollergang besteht, werden durch leichtes Pressen hauptsächlich die stengelartigen Gräser zerdrückt und deren Kapillaren geöffnet. Ein Teil des Zellwassers tritt schon hier an die Oberfläche. Der vom Quetschstuhl wegführende Kettentransport ist als «Vorwelker» ausgebildet. Er wird von der unvollständig gesättigten Abluft des Graströckners durchströmt. Diese nimmt das durch das Quetschen gelöste Wasser

auf, während das Gras gleichzeitig vorgewärmt wird. Die Kette fördert das Gras in die Trockentrommel. Die Paletten erfassen es und tragen es in der Umfangsrichtung empor. Ein Teil des Gutes rutscht von den Paletten ab auf die Schaukeln und wird von diesen über den höchsten Punkt der Trommel hinübergefördert und schliesslich durch Umkippen fallen gelassen. Der übrige Teil des Grases durchfällt den Trockenraum und beginnt den Weg von Neuem. Auf diese Weise wird das Gut ständig gelockert, bewegt und auf den ganzen Trommelinhalt verteilt. So wird das Gras immer in

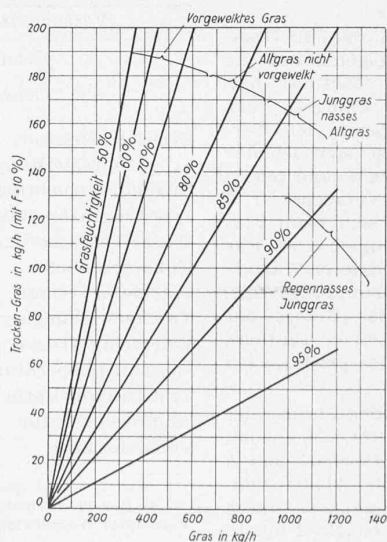


Abb. 1. Trockengrasertrag in Funktion der Grasmenge und Grasfeuchtigkeit

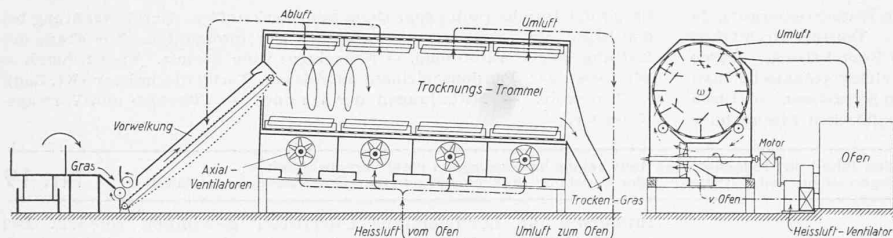


Abb. 2. Schema der Grastrockneranlage, erstellt durch GEBR. BÜHLER (Uzwil) im Versuchshof der Centralschweizerischen Kraftwerke bei Luzern

Bewegung und immer von der Luft durchspült auf spiralförmigem Weg durch den Trockner gefördert. Der Trockenprozess läuft kontinuierlich. Nach 15 Minuten Trockenzeit tritt das Trockengras am Trommelende aus.

Die Restfeuchtigkeit beträgt 5 bis 8 %. Diese geringe Feuchtigkeit bietet Gewähr für die Vermeidung jeder Nachgärung auf dem Stock. Allerdings tritt dadurch auch kein Senken des Stockes ein, d. h. die Stapelung des Trockengrases verlangt viel Platz. Diesem Uebelstand kann leicht durch Ballenpressen abgeholfen werden. Gleichzeitig verhindert man damit das Wiederfeuchten des stark hygroskopischen Trockenproduktes durch die atmosphärische Luft.

Die Trockenluft wird in einem Ofen durch Mischen der heissen Feuegase mit rd. $\frac{2}{3}$ der Abluft erzeugt. Die Temperatur des Gemisches beträgt je nach Trockenleistung 200 bis 400° C. Das Gemisch wird durch einen Ventilator in den Trockner geblasen und zwar im Gegenstrom zur Grasförderung auf vier Zonen verteilt. Die Hauptmenge tritt in die letzte Zone ein. In die übrigen drei tritt nur soviel, als nötig ist, um die Trockenluft immer wieder aufzuwärmen. Auf diese Weise erhält man einen Stufen-trockner mit Zwischenerwärmung. Jede Zone besitzt einen Umluftventilator, der die im Trockner vorhandene Luft mit der neu hinzutretenden Heissluft vermischt und entgegengesetzt zur Grasbewegung in Umfangsrichtung durch das Trockengut treibt. Die Temperatur dieses Gemisches beträgt 80 bis 120° C. Die Fördermenge der Umluftventilatoren beträgt ein Vielfaches der Heissluftmenge. Dadurch wird die gleiche Luft mehrmals umgewälzt, sie strömt mit erheblicher Geschwindigkeit durch das Trockengut, steigert die Diffusion des Wasserdampfes und erfährt eine stärkere Sättigung.

Aus der Erkenntnis heraus, dass zum Grastrocknen möglichst viel Luft verwendet werden soll, wird auch ein Teil der Abluft wieder zum Ofen zurückgeführt und von Neuem umgewälzt. Durch die doppelte, die innere und die äussere Umwälzung wird eine vorzügliche Wärmeausbaute erreicht. Die Absaugung dieser Abluft geschieht in den wärmeren und trockeneren hinteren Zonen.

Entsprechend der zur Verbrennung nötigen Frischluft muss der restliche Anteil der Abluft ausgestossen werden. Dieser Teil wird den feuchten, ersten Zonen entnommen und zur letzten Wärmeverwertung in den Grastransport geleitet. Von dort weg wird sie bei rd. 60° C fast vollkommen gesättigt ins Freie geblasen.

Versuche (Tabelle I)

Zunächst zeigte es sich, dass die Grasart neben dem Feuchtigkeitsgehalt auf die Trocknung massgebenden Einfluss hat. Ausgereiftes, regennasses Emdgras, das wenig Kapillarwasser enthält, lässt sich leichter und mit geringerem Wärmeverbrauch trocknen, als Junggras (vergl. Versuche Nr. 2 und 3). Ähnliches zeigte sich beim Vergleich von Emdgras mit jungem Klee. Für Klee stellten wir rd. 10 % grösseren Wärmebedarf (WE/kg Wasserverdampfung) fest. Der Feuchtigkeitsgehalt des Grases hat auf den Wärmeverbrauch keinen Einfluss, wohl aber auf die Menge des produzierten Trockengrases.

Welchen Einfluss die Rückführung der Abwärme auf den Wärmeverbrauch ausübt, zeigt der Vergleich der Versuche 1 und 2. Bei Versuch Nr. 1 wird die Abluft vollständig ausgestossen und gänzlich durch Frischluft ersetzt, während bei Nr. 2 nur $\frac{1}{3}$ Frischluft angesaugt wird. Der Gewinn beträgt über 10 %.

Besondere Leistungsver-suche zeigten die Bedeutung des Vorwelkens und des Quetschens (vergl. Versuche 4 bis 8). Das Vorwelken, verbunden mit vorherigem Lösen des Kapillarwassers durch Quetschen, bringt eine Wärmeersparnis von 10 %.

Aus dem Vergleich der Versuche 6 und 8 geht hervor, dass Quetschen und Vorwelken zusammen einen Wärmegewinn von rd. 20 % ermöglichen. Das Quetschen selbst bringt also neben seinem Vorteil, stengelartiges Gras aufzulösen und zum gleichmässigen Trocknen vorzubereiten, noch einen Wärmegewinn von rd. 10 %.

Man beobachtet ferner, vom Sommer- zum Herbstgras übergehend, eine Zunahme des Trockenwiderstandes. Das Herbstgras ist offenbar zäher und verlangt daher eine grössere Trockenarbeit.

Versuch 9 dokumentiert die wärmewirtschaftliche Bedeutung grosser Luftmengen und geringer Temperaturen. Der Versuch wurde so durchgeführt, dass nur die Hälfte der normalen Grasmenge aufgegeben wurde. Der Wärmeverbrauch sinkt dabei auf 660 WE/kg Wasser, sodass der Trockenwirkungsgrad auf 96 % ansteigt. Die Ursache liegt in der starken Sättigung der Abluft, sowie in der milden Trocknung.

Zusammengefasst ergibt sich: Bei gleicher Grasart wird durch die Feuchtigkeit nur die Produktionsmenge beeinflusst. Grasart und Wachstumsstadium beeinflussen hingegen die spezifische Trockenarbeit und damit den Trockenwirkungsgrad. Durch Quetschen und Vorwelken des Grases kann wesentlich an Wärme eingespart werden. Die wirtschaftlichste Trocknung ergibt sich durch Verwendung grosser Luftmengen bei mässigen Temperaturen.

Schliesslich wurden noch Versuche angestellt, Obsttrester, Kartoffelschnitzel, Rübenblätter, Rübenstengel und ähnliche Abfälle der Landwirtschaft zu trocknen. Technisch gelang die Trocknung dieser Produkte einwandfrei in der gleichen Maschine. Bezüglich Wärmeverbrauch wurden die selben Zahlen festgestellt, wie mit Gras; im Durchschnitt 700 bis 800 WE/kg Wasser. Versuche mit Obst und Gemüse stehen noch bevor.

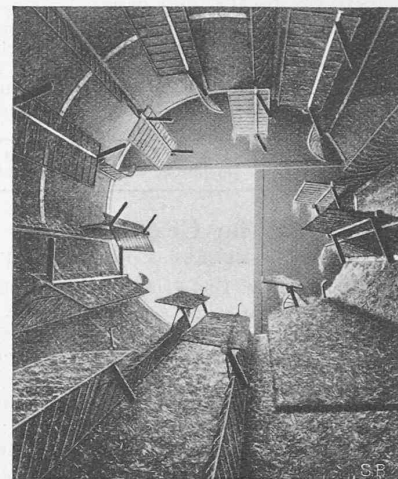


Abb. 3. Inneres der Trocknungstrommel

Tabelle I: Trocknungs-Versuch

Versuch Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Behandlung ¹⁾	Frish-luft	Um-luft	Um-luft	m. Q.	m. Q.	m. Q.	m. Q.	m. Q.	m. Q.
Grasart	nasses Raigras	nasses Raigras	Junggras	Raigras	Raigras	Herbstgras	Herbstgras	Herbstgras	Herbstgras
Frischgrasleistung kg/h	520	660	520	570	570	600	600	600	300
Trockengrasleistung kg/h	105	120	65	76	107	95	110	100	40
Frischgrasfeuchtigkeit %	83,0	84,0	88,6	87,5	82,5	85,3	83,0	84,5	88,0
Trockengrasfeuchtigk. %	8,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,0	8,0	8,0
Wasserverdampfung kg/h	415	540	445	494	463	505	490	500	260
Koksverbrauch kg/h	50	58	50	51	51	56,5	70,5	70,0	26,0
Wärme/kg Wasser WE	840	740	790	730	795	790	950	950	660
Trockenwirkungsgrad % ²⁾	75	85	80	86,5	80	80	67	67	96
Wärme/kg Trockengras WE	3300	3300	5400	4750	3380	4200	4100	4750	4250
Heisslufttemperatur °C	380	380	380	300	300	350	330	380	220
Trockentemperatur °C	130	140	125	120	110	110	—	—	90
Ablufttemperatur °C	85	90	100	85	90	90	—	—	70
Versuchsdauer h	2,0	4,0	4,5	3,0	3,0	3,0	3,5	4,0	3,0

¹⁾ m. Q. = mit Quetschen. — m. V. = mit Vorwelken. — Versuche 2 bis 9 mit Umluft.

²⁾ Der Trockenwirkungsgrad ist definiert als Verhältnis zwischen theoretischer Verdampfungswärme des Wassers zur wirklichen, gemessen in der zugeführten Wärme (z. B. Brennstoffverbrauch).

$$\eta = \frac{i_d}{q} = \frac{i_d \cdot W}{B \cdot H_u} \quad i_d = \text{Wärmeinhalt des Dampfes} \quad H_u = \text{Heizwert}$$

W = verdunstete Wassermenge B = Brennstoffmenge

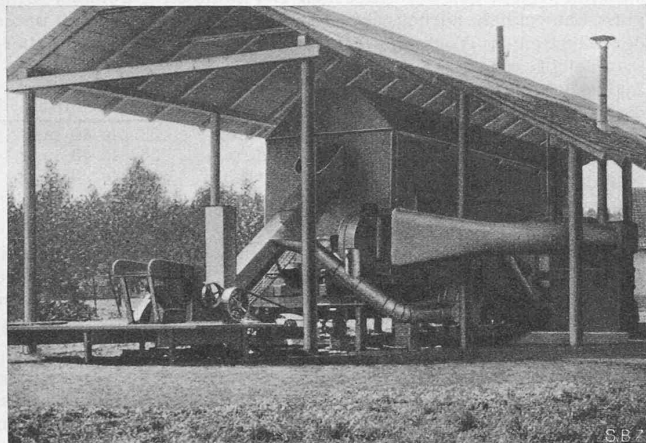


Abb. 4. Grastrockner von der Aufgabeseite. Links Quetschstuhl und Bandtransport (Vorwelle), rechts Ofen

Unkosten

Die Wirtschaftlichkeit des Grastrockners ist in erster Linie bedingt durch die Grasfeuchtigkeit und die Ausnutzungsdauer der Anlage, ferner durch die Kosten für Energie und Löhne. Tabelle II zeigt die Kosten für einen Grastrockner mit 300 kg/h Leistung an Trockengras. Man beachte ferner die Kurven Abb. 6 und 7.

Die Wärmekosten betragen selbst bei dem hier erreichten guten Trockenwirkungsgrad, der mit einer relativ teuren Anlage erkaufte ist, immer noch 50 bis 55 %, während die Anlagekosten nur 22 bis 25 % ausmachen. Man erkennt, dass es sich wohl lohnt, den Wärmeverbrauch durch zweckmässige Konstruktion herabzusetzen. Allerdings ist dem Verbessern dort eine Grenze gesetzt, wo die Wärmeersparnisse eine so grosse Trockenzeitverlängerung bedingen, dass die Trocknerabmessungen den Preis unhaltbar steigern.

Man erkennt aus den Kurven Abb. 7 und 8, dass grosse Anlagen wirtschaftlicher arbeiten, als kleinere. So zeigt Abb. 8, dass die Grossanlage für 300 kg/h Trockengras für die selben Unkosten eine wesentlich grössere Menge Trockengras liefert als die Trockner für eine Leistung von 150 kg/h. Daraus lässt sich schliessen,

Tabelle II: Kosten für 100 kg Trockengras

Kosten für	Frischgras 85% Feuchtigkeit		Vorgewelkt 70% Feuchtigkeit	
	Fr.	%	Fr.	%
Amortisation, Verzinsung und Reparaturen ¹⁾	1.50	22,2	—,75	25
Bedienung ²⁾	—,80	11,8	—,40	13,3
Motorische Arbeit 20 kWh zu Fr. 0.10	—,70	10,5	—,35	11,7
Wärmeverbrauch 750 WE/kg Wasser ³⁾	3.75	55,5	1.50	50,0
Totale Trockenkosten	6.75	100	3.—	100

¹⁾ = 18 % der Anlagekosten von rd. 30 000 Fr. Betriebszeit 1200 h/Jahr.

²⁾ 1 Mann zu 1,20 Fr./h. — 2 Knechte zu 150 Fr./Monat.

³⁾ Kokspreis 7 Fr./100 kg; $H_u = 7000$ WE.

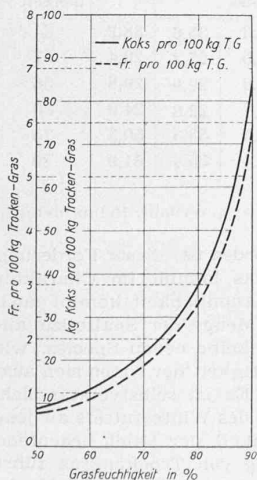


Abb. 6. Kohlenverbrauch und Heizkosten in Funktion der Grasfeuchtigkeit

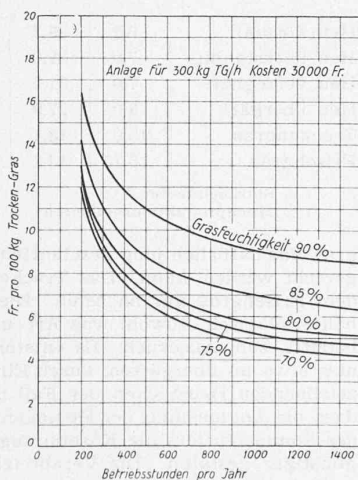


Abb. 7. Totale Trocknungskosten in Funktion der Betriebsdauer

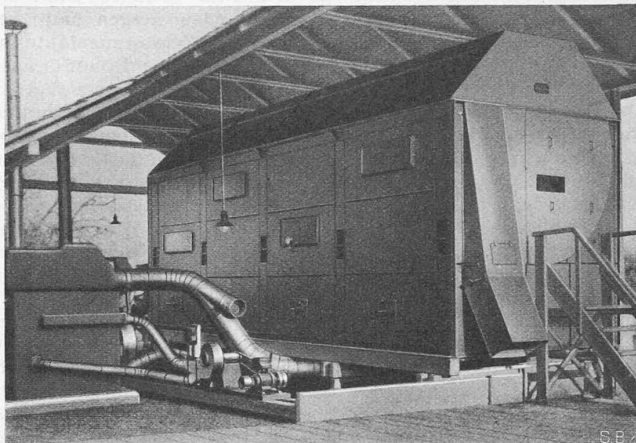


Abb. 5. Ebenso von der Entnahmesite. Zwischen Ofen und Trockner die Ventilatoren und Antriebe

dass sich Kleinbauerngewerbe auf genossenschaftlicher Basis zu einer gemeinsamen Anschaffung zusammenschliessen sollten. Natürlich wird man ebenfalls zu Kleintrocknern, die für Einzelgemeinschaften geeignet sind, gelangen. Diese müssen in erster Linie bezüglich der Anschaffungskosten billig sein, während dann die Betriebskosten entsprechend der geringeren Wärmeausbeute und der kleineren Leistung höher zu stehen kommen.

W. Müller.

II. Biologisches

1. Die natürliche Heugewinnung

Seit Jahrhunderten wird die Sonne für die Heugewinnung zu Hilfe genommen. Unter «Heuet» versteht man theoretisch nur die Austreibung des Wassers aus der Grünpflanze, mit der Annahme, eine unveränderte Trockensubstanz zu ernten. Praktisch aber läuft die Heukonservierung nicht so verlustlos ab. Die Trockensubstanz wird dabei wesentlich verringert und geschädigt, sodass die eben genannte Definition des Heuens in keiner Weise auf die Naturheugewinnung zutrifft; sie ist vielmehr der künstlichen Grastrocknung vorbehalten. Beim Naturheuen ist man in stärkstem Masse von der Gunst der Witterung abhängig. Das hat zur Folge, dass man das Futter nicht schneiden kann, wann man will oder wann es am günstigsten wäre. In vielen Fällen wird sogar eine Schönwetterperiode verpasst, einzig und allein wegen der althergebrachten Ansicht, das Gras müsse mindestens verblüht sein oder gar meterhoch stehen, bis es geschnitten werden könne. Hier macht der vorwiegend quantitativ eingestellte Bauer einen Fehler, der sich, wie wir später sehen werden, in der Nährstoffbilanz ungünstig auswirkt.

Der gewöhnliche Heuet hat aber noch Nachteile, die mit nicht unwesentlichen Nährstoffverlusten verbunden sind. Schon bei schönem Wetter betragen diese Verluste 30 %. Sie steigen rasch auf 40 %, wenn kritisches Wetter herrscht. Bei ausgesprochen schlechter Witterung dagegen (Sommer 1936) wachsen die Verluste und können 50 %, in extremen Fällen 60 % und mehr betragen. Die Ursachen dafür, dass schon bei schönem Wetter die Verluste so gross sind, liegen in folgendem.

Nachdem das Gras geschnitten worden ist, atmen die einzelnen Bestandteile weiter. Diese Atmung verursacht in den abgeschnittenen Pflanzenteilen den Kohlehydratabbau. Der Abbau geht namentlich nachts, wenn die Assimilation wegfällt, vor sich. Neben der Mitwirkung von Bakterien setzt gleichzeitig der Eiweisszerfall (Autolyse) ein. Er ist auch wieder nachts maximal und tagsüber umso grösser, je trüber und feuchter das Wetter ist.

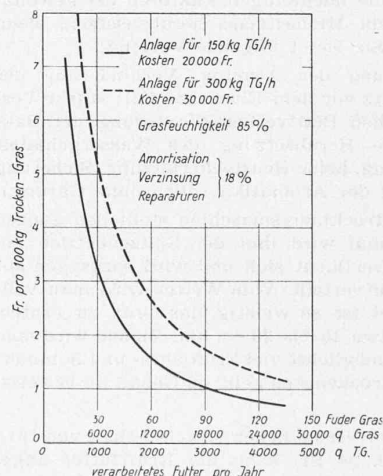


Abb. 8. Anlagekosten, bezogen auf 100 kg Trockengrasproduktion, bei verschiedener Ausnutzung der Anlage

Bei längerem Liegenbleiben auf dem Feld kommen dann die *Auswaschverluste* dazu, die bei anhaltendem Regen natürlich erheblich werden können. Diesen erwähnten Zerstörungsfaktoren sind namentlich die feineren Blattbestandteile der Pflanzen ausgesetzt. Blattverluste entstehen aber auch bei schönem Wetter. Das Heuen erfordert bekanntlich viel Handarbeit, Tätigkeiten, die den mechanischen Blattverlust fördern. Je trockener das Heu gemacht wird, umso grösser werden die Blattverluste und das ist schliesslich mit ein Grund, warum der Praktiker ungenügend trocknet. Dieser Umstand leitet eine neue Phase der Zerstörung ein, die am Heustock entsteht. Der Durchschnittslandwirt unterschätzt die im Heustock vor sich gehenden Veränderungen. Der relativ hohe Wassergehalt von 20 bis 30% im eingebrachten Naturheu ermöglicht den Pflanzenteilen die Fortsetzung der Atmung und der mikrobiellen Tätigkeit (Fermentwirkung). Der Heustock erhitzt sich, er kommt in Gärung. In vielen Fällen geht die Erhitzung so weit, dass Brände entstehen. Es ist bekannt, dass der Gebirgler mit der Trocknung viel weiter geht (10 bis 12%). Auch das rasch aufeinander folgende Eintragen wird hier vermieden. Aus diesem Grund sind Scheunenbrände in den Alpen grosse Seltenheiten. Schönwetterperioden verleiten den Flachlandbauer dazu, das Heu allzu rasch und in zu grossen Mengen einzubringen. Die überstürzte Erntearbeit hat beispielsweise im Jahr 1937 dazu geführt, dass die Nährstoffbilanz um 10% schlechter war als im Regenjahr 1936. Der hohe Wassergehalt des Flachlandheues ermöglicht den Schimmelpilzen die Fortsetzung der Vegetation. Sie verleihen dem Heu einen üblen Kellergeruch und verereken den Knechten durch die starke Staubbildung die Futterbereitung. Katastrophaler wirkt sich aber die Heustockerhitzung aus. Auch eine scheinbar geringe Erwärmung kann nicht erwünscht sein, wie viele Praktiker glauben. Die verfängliche Ansicht, der Heustock müsse eine Erwärmung durchgemacht haben, wird durch die Erfahrungen mit der künstlichen Trocknung glatt widerlegt. Die Heustockerwärmung ist ein notwendiges Uebel, das durch unzulängliche Erntemethoden bedingt wird.

Man hat festgestellt, dass die Erhitzung auf nur 50° C bereits einen Nährstoffverlust von 10% nach sich zieht. Bei 60° C sind es bereits 30% und bei 70 bis 80° C steigen die Verluste rasch auf 75%. Erreichen die Temperaturen 90 und mehr Grad, so entstehen die so sehr gefährdeten Heustockbrände, die den Staat und die Versicherungsgesellschaften Jahr für Jahr eine Menge Geld kosten. Mit der Braunfärbung eines überhitzten Heustockes glaubt man mit einem blauen Auge davon gekommen zu sein. Genaue Untersuchungen ergeben aber, dass namentlich auch die Verdaulichkeit des Futters stark zurückgeht. Der Bauer wird gezwungen, neben äusserst minderwertigem, unter Mühsalen gewonnenem Heu, teures Kraftfutter zu verfüttern. Tabelle III beruht auf Daten aus dem Versuchshof Emmen; 1937. Das Ausgangsmaterial war dabei für alle Versuche von gleicher Provenienz und Qualität.

2. Die künstliche Graströcknung

Die künstliche Graströcknung ist nun, da sie rasch vortatten geht, im Stände, die nachteiligen Faktoren der gewöhnlichen Heuwerbung auf ein Mindestmass herabzusetzen, wenn nicht gar auszuschalten. Sie bietet folgende Vorteile:

Sofortige Unterbrechung der Atmung, Verhinderung des Kohlehydratabbaues; Schutz vor dem Eiweisszerfall; starke Verminderung des mechanischen Blattverlustes; Störung der Bakterientätigkeit; genügende Herabsetzung des Wassergehaltes, daher keine Verschimmelung, keine Heustockerhitzung, Sicherung der Nährstoffe, Erhaltung der Aromatika (auch ohne Gärung).

Der Besitz einer Graströcknungsmaschine stellt den ganzen Heuernbetrieb um. Einmal wird ihm der Spitzenbetrieb genommen, die Erntekurve verflacht sich und wird sozusagen auf das ganze Sommerhalbjahr verteilt. Vom Wetter wird man vollständig unabhängig. Dabei ist es wichtig das Gras zu ernten, wenn es eine Höhe von etwa 15 bis 20 cm hat. Zudem wird man darnach trachten müssen, möglichst viel Frühjahrs- und Sommergras zu trocknen; Herbsttrockengras geht im Gehalt an Eiweissstoffen zurück.

Trockengras mit einem verdaulichen Eiweissgehalt von 10% und einem Gehalt von rd. 54 SE kann als Kraftfutter angesprochen werden. Es besitzt aber über diese Eigenschaft hinaus noch diätische und biologische Werte, die nicht unterschätzt werden dürfen. Es ist bewiesen, dass namentlich der Gehalt an

Vitamin A und den verschiedenen B-Vitaminen gegenüber Gras ganz unmerklich zurückgeht. Nur das Vitamin D leidet unter der künstlichen Trocknung. Es kann aber in Form von Lebertran leicht ersetzt werden. Zudem glaubt man neuerdings, dass es im Hautgewebe der Tiere unter dem Einfluss der Lichtstrahlung gebildet wird. Wertvoll ist dagegen das Verhalten des Karotins, einer Vorstufe des

Vitamins A. Ein Teil des Karotins geht in die Milch über und verleiht ihr, dem Rahm und der Butter jene gelbe Farbe, die in den Sommerprodukten so geschätzt wird. Was diese Milch für die Kälberaufzucht bedeutet, braucht nicht lange erörtert zu werden.

Bemerkenswert ist weiterhin der Mineralgehalt von 9% im Trockengras (Naturheu 4%, Hafer 3,1%, Mais 1,3%). Der Mineralgehalt in Verbindung mit den fast vollständig erhaltenen Vitaminen ist bei der Gesunderhaltung des Viehs von eminenter Bedeutung. Lecksuchtartige Gebrechen, Fortpflanzungskrankheiten, Konstitutionsfehler sind zum grossen Teil auf mangelnden Vitamin- und Mineralstoffgehalt im Futter zurückzuführen. Es würde sich lohnen einmal festzustellen, wie gross die Schadenssumme ist, die der schweizerischen Landwirtschaft jährlich durch diese Mangel-Krankheiten erwächst.

Die direkten Verluste, die alljährlich bei der gewöhnlichen Heuwerbung entstehen, sind ganz beträchtlich.

Tabelle V: Dürrfutterbilanz d. Schweiz nach J. Landis, Bern-Liebelfeld

	Menge 10 ⁸ kg	Eiweiss 10 ⁸ kg	SE 10 ⁸ kg	SE %
Heu und Emd	214	2,71	100	21,4
Verluste (mech. Blattverl., Gärung, Atmung usw.) .		0,81	30	8,55
Verbleibender Ernteertrag	34	1,91	70	12,85

Aus Tabelle V ist ersichtlich, dass die schweizerische Landwirtschaft jährlich im Durchschnitt 8,55 Mill. q Stäckerheiten verliert. Wenn das kg Stäckerheiten zu nur 10 Rp. veranschlagt wird, ergibt sich schon ein Verlust von 85 Mill. Fr. jährlich. Es ist klar, dass man gegenüber diesen konkreten Verlusten (zu denen noch solche hinzukommen, die noch nicht errechnet worden sind oder nicht gut in Zahlen ausgedrückt werden können), nicht mehr gleichgültig sein kann.

Ausgehend von der Forderung, möglichst junges Gras zu trocknen, ist es leicht möglich, fünf, wenn nicht mehr Schnitte zu bekommen. Wir gewinnen so nicht nur quantitativ mehr, sondern der Stäckerheiten-Ertrag wird beträchtlich grösser, sodass vom Vieh während der langen Winterperiode mehr verlangt werden kann. Wenn es uns gelingt, das Vieh im Winter auf die gleiche Futterbasis zu stellen wie im Sommer, so ist schon viel erreicht. Aus Tabelle VI geht klar hervor, dass nur das Trocken-

Tabelle VI: Gehalt des Futters mit 14% Wasser

	Rein- eiweiss	Roh- faser	verdaul. Rein- eiweiss	SE ¹⁾	MSE ²⁾	Eiweiss- verdaul. lichkeit %
Heu normal	9,2	26,7	5,3	35,6	38,2	64
Heu überständig	7,9	32,8	4,5	27,2	29,4	57
Heu verregnet	7,0	31,7	3,9	27,9	29,8	56
Heu übergärt	9,0	27,9	2,7	22,8	24,0	30
Trockengras	15,0	18,1	11,5	53,6	59,3	75
Frischgras	16,75	13,1	13,4	55,4	61,9	80

¹⁾ = Stäckerheiten.

²⁾ = Milchproduktionseinheiten (SE + 1/2 verdaul. Reinprotein).

gras, das natürlich jung geschnitten worden ist, dieser Forderung gerecht werden kann. Das Trockengras kommt im Charakter dem Frischgras am nächsten. Diese Ähnlichkeit kommt auch bakteriologisch, sowohl was Art und Menge der Spaltpilze anbetrifft, zum Ausdruck. Es entstehen keine neuen Species, wie dies etwa an übergärten, durch Einseitigkeit der Arten sich auszeichnenden Heustöcken der Fall ist. Es ist selbstverständlich, dass die Angleichung der Homogenität des Winterfutters an jene des Sommerfutters die Käseerzeugunglichkeit der Milch bedeutend günstiger gestaltet. Die Verabreichung von Trockengras führt endlich zur Ausschaltung der vielen unkontrollierbaren Kraftfuttermittel, die geeignet sind, immer wieder den Käseerbetrieb zu gefährden.

III. Wirtschaftliche Gesichtspunkte

Gestehungskosten pro 100 kg Naturheu bzw. Trockengras:

a) *Naturheu*. Graswert stehend Fr. —.80/100 kg als Durchschnitt vieler Betriebe ermittelt. Für 100 kg Heu, Emd und 3. Schnitt, vergoren, benötigt man im Mittel 630 kg Gras. Graswert 5.05 Fr., Heuarbeitskosten, vergoren, 2.95 Fr., totale Heukosten 8 Fr.

b) *Trockengras*. Wassergehalt des Grases 85% 70%
 Graswert stehend Fr. —.56 Fr. Fr.
 Graswert (600 kg frisch) 3.35 3.35
 Grasen mit Heimfuhr pro 100 kg Gras Fr. —.34
 (für 600 kg) 2.— 2.—
 Trockenkosten (vergl. Abschnitt I, Unkosten) . 6.90 3.20
 Totalkosten pro 100 kg Trockengras 12.25 8.55

Die Mehrkosten von 4.25 Fr. des Trockengrases (aus Frischgras 85%) gegenüber Heu und Emd werden durch Verdoppelung der Qualität mehr als aufgewogen. Die kleine Differenz bei vorgewelkt (70%) fällt schon gar nicht mehr ins Gewicht. Die Tatsache, dass dieses kraftfutterähnliche Futter im eigenen Land erzeugt wird, sollte auch den hartgesottensten Skeptiker von der Wünschbarkeit der künstlichen Grastrocknung überzeugen.

Die Ertragsbilanz pro Jucharte Land wird wesentlich günstiger. Während es beim Naturheuen nicht möglich ist, im grossen Durchschnitt mehr als 28 q/Juch/Jahr (bei drei Schnitten) herauszuwirtschaften, ist es bei der Trockengras-Gewinnung ohne weiteres zu erreichen, dass bei fünfmaligem Schnitt 40 q/Juch/Jahr geerntet werden können. Das setzt jedoch voraus, dass nach jedem Schnitt, besonders im Spätsommer (3. bis 5. Schnitt) gedüngt wird, um den Trockensubstanzertrag, der gegen den Herbst immer abnimmt, nicht zu sehr zu vermindern. In Stärkeeinheiten ausgedrückt, ergibt sich eine bedeutende Ueberlegenheit des Trockengrases. Naturheu hat im grossen Mittel einen Gehalt von 36 SE/100 kg. Trockengras soll einen Gehalt von mindestens 48 SE/100 kg haben. Das ergibt dann SE-Erträge von 1006 kg/Juch und Jahr bei Naturheu, 1920 kg/Juch und Jahr bei Trockengras.

Die Umrechnung auf Milchproduktionseinheiten gestaltet sich noch günstiger, schon deshalb, weil das Trockengras immer bedeutend mehr verdauliches Reinprotein enthält als Naturheu: 1120 kg/Juch und Jahr bei Naturheu, 2160 kg/Juch und Jahr bei Trockengras. Vergewärtigen wir uns den Einfluss auf die Milchproduktion, so kommen wir zu folgenden Ergebnissen:

a) *Naturheu*. Zur Produktion von 1 l Milch sind 0,60 MSE nötig, also Milchproduktion . . . 1120 : 0,6 = 1865 l/Juch/Jahr
 Kosten dafür im Heu 28 × 8.— = 224.—
 Verkaufspreis pro l Milch 22,2 Rp. ergibt Erlös 415.—
 (Konsummilchpreis) Gewinn Fr. 191.— / Juch/Jahr

b) *Trockengras*: Grasfeuchtigkeit 85% 70%
 Milchproduktion . . . 2160 : 0,6 = 3570.— 3570.— l/Juch/Jahr
 Kosten dafür im Trockengr. 40 × 12.25 = 490.— 342.—
 Erlös à 22,2 Rp./l 794.— 794.—
 Gewinn Fr. 304.— 452.—

Mehrgewinn bei Trockengras gegenüber Naturheu Fr. 113.— 261.— l/Juch/Jahr

Tabelle VII: Vergleiche	Naturheu	Trockengras 85%	Trockengras 70%	Kraftfutter
Gewinn aus Milchproduktion Fr.	191.—	304.—	452.—	—
Preis pro kg SE in Rp.	22,4	25,5	17,8	36,0
Preis pro kg MSE in Rp.	20,9	22,7	15,8	29,3

Die wirtschaftlichen Daten, die auf sehr sorgfältigen Berechnungen ruhen, zeigen, dass wir vor volkswirtschaftlichen Möglichkeiten stehen, die die grösste Aufmerksamkeit, aber auch eine tatkräftige Förderung verdienen. F. Ringwald.

Die Wasserversorgung der Gemeinden Aesch und Pfeffingen (Kt. Baselland)

Von Ing. HANS J. RAPP, Basel

Die gemeinschaftliche Wasserversorgung der beiden basellandschaftlichen Gemeinden Aesch und Pfeffingen weist einige technische Eigentümlichkeiten auf, die durch die örtlichen Gegebenheiten und den etappenweisen Ausbau bedingt waren. Zum Verständnis dieser Eigentümlichkeiten ist eine kurze Schilderung der Gesamtanlage notwendig. Dabei soll im allgemeinen auf bauliche Einzelheiten nicht eingegangen werden, weil es sich fast durchwegs um bewährte und dem Fachmann wohlbekannte Konstruktionen handelt. Besonderes Interesse verdient jedoch die in der Schweiz wohl einzigartige Einrichtung, die eine Drosselklappe durch telefonischen Anruf zu öffnen gestattet. Diese Einrichtung soll nachfolgend ausführlicher beschrieben werden.

Allgemeine Situation. Der Kern des Dorfes Aesch liegt am südlichen Rand der ausgedehnten Ebene, die für den untersten Abschnitt des Birstales charakteristisch ist. In diese Ebene hat sich die Birs nach ihrem Austritt aus der Klus bei Angenstein eine etwa 1 km breite und 20 m tiefe Rinne eingegraben. Der Untergrund dieser diluvialen Rinne besteht aus grundwasserführenden Geschiebeschichten. Der Grundwasserstrom ist sehr ergiebig; er versorgt heute mehr oder weniger ausschliesslich folgende Gemeinden: Aesch-Pfeffingen, Dornach, Reinach mit einigen Gemeinden des Leimentals¹⁾, Arlesheim, Münchenstein, Birsfelden und Muttens. Im Westen wird die Ebene durch den langgestreckten Hügelszug des Bruderholzes begrenzt; südlich des Dorfes Aesch steigt das Gelände bis zur Höhe der Blauenkette an. An diesem Hang liegt das Dorf Pfeffingen.

Bis zum Jahre 1921 war die Gemeinde Aesch ausschliesslich auf den Ertrag einiger am Nordhang der Blauenkette gefasster Quellen angewiesen. Der trockene Sommer dieses Jahres zwang die Gemeinde zur Erweiterung der Wasserversorgung. Man entschloss sich, den Grundwasserstrom des Birstales nutzbar zu machen und erstellte etwa 1 km nördlich der Ortschaft ein Pumpwerk. Der Brunnen besteht aus einem betonierten Caisson von 3,5 m lichter Weite; er wurde im Druckluftverfahren rd. 23 m unter Bodenoberfläche abgesenkt und mit einer vertikalaxigen Bohrlochpumpe ausgerüstet. Die grossen Ausmasse des Brunnens erlaubten ohne Schwierigkeit den Einbau einer zweiten grösseren Pumpe, als dies anlässlich der Erweiterung der Versorgungsanlagen im Jahre 1933 notwendig wurde. Bis zu diesem Jahr hatte die erste Pumpe die gesamte Förderung zu leisten, und es darf als ein besonderes Zeugnis für die Zuverlässigkeit dieser Pumpe hervorgehoben werden, dass sie zwölf Jahre lang ohne Revision anstandslos ihren Dienst versah.

Die Lage des Reservoirs «Schafhübel» (etwa 500 m südlich von Aesch) war seinerzeit mit Rücksicht auf die Höhenlage der Quelfassungen bestimmt worden. Die Ueberfallkote 344 liegt nur rd. 30 m über dem Dorfzentrum. Die ältesten Teile des Reservoirs stammen aus dem Jahre 1876; im Laufe der Jahre wurde es mehrmals umgebaut und erweitert. Heute fasst das Reservoir 300 m³. Ein weiteres Reservoir in der «Rüti» ist für die allgemeine Versorgung von ganz untergeordnetem Wert.

Die Gemeinde Pfeffingen begann in den Achtzigerjahren des vorigen Jahrhunderts mit dem Ausbau ihrer Wasserversorgung. Sie litt in trockenen Sommern stets unter ungenügendem Ertrag ihres Quellgebiets. Das Reservoir liegt auf Kote 454 und sein Inhalt beträgt 240 m³.

Erweiterung der Wasserversorgung in den Jahren 1932/34.

Erfreulicherweise waren die beiden Gemeinden Aesch und Pfeffingen bereit, die Erweiterung ihrer Versorgungsanlagen gemeinschaftlich durchzuführen. Die kantonale Gebäudeversicherungsanstalt unterstützte das Projekt der Gemeinschaftsanlage durch Gewährung weitgehender Subventionen. An die Gemeinschaftsanlage stellte man folgende Forderungen: Verbesserung der Druckverhältnisse in Aesch, besonders im Brandfall; Schaffung einer ausreichenden Feuerreserve für beide Gemeinden; Versorgung des Hanges zwischen Aesch und Pfeffingen zur Erschliessung eines sehr schönen Wohngebietes; Einbau einer Reservepumpe im Grundwasserpumpwerk; Möglichkeit der Wasserabgabe an die Gemeinde Pfeffingen im Bedarfsfall; Versorgung der beiden grossen Liegenschaften «Schlossgut» und «Hof Banga».

Die zur Verwirklichung dieser Forderungen notwendigen Anlagen sind in Abb. 1 schematisch dargestellt. Die Ueberfallhöhen der verschiedenen Reservoirkammern sind massstäblich aufgetragen. Die zur Erläuterung der Steuerung von Pump- und Reservoiranlagen eingetragenen Leitungen, Apparate, Kabelverbindungen usw. sind stark schematisiert.

Das höchstgelegene Reservoir (Ueberlaufkote 498,50) befindet sich in der Nähe der Ruine Pfeffingen. Die beiden Kammern fassen insgesamt 470 m³, davon stehen 170 m³ zur Verfügung der Gemeinde Pfeffingen sowie des Schlossgutes und des Hofes Banga. Die Gemeinde Pfeffingen kann durch Umstellen eines Schiebers wahlweise Wasser aus ihrem eigenen Reservoir oder aus dem Reservoir «Ruine» beziehen. Die übrigen 300 m³ des Reservoirs «Ruine» bilden die Feuerreserve für die Gemeinden Aesch und Pfeffingen. Diese Reserve wird nur durch Öffnung des «Feuerschiebers» freigegeben, der von den tiefer gelegenen Reservoirs «Hochzone» und «Schafhübel» durch Fernsteuerung geöffnet und geschlossen werden kann. Der Wasservorrat des Reservoirs «Ruine» ergänzt sich automatisch aus dem Reservoir «Hochzone». Eine dort installierte Pumpe von 6,5 l/s Förderleistung wird durch einen Schwimmerschalter im Reservoir «Ruine» gesteuert; eine Schaltuhr beschränkt die Pumpdauer auf die Zeit des billigen Nachttarifs.

¹⁾ Vergl. Bd. 107, Seite 30* (18. Januar 1936).