

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 123/124 (1944)
Heft: 13: 75 Jahre G.e.P.: Festschau zur Generalversammlung der Gesellschaft ehemaliger Studierender der E.T.H.

Artikel: Technique de Mesure de la Consommation énergétique de l'homme du travail
Autor: Deriaz, William
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-54023>

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: 05.04.2026

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



Abb. 7. Ansicht von der Südostecke

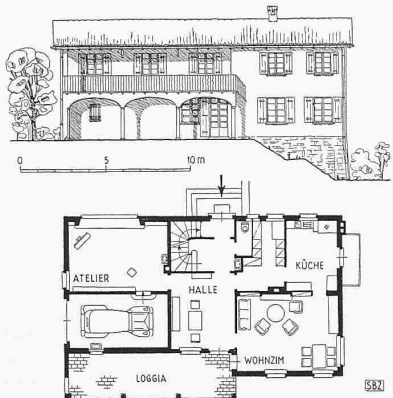


Abb. 6. Grundriss und Südfront 1 : 400

Zwei ländliche Wohnhäuser im Tessin

Dipl. Architekten
HANS & SILVIA
WITMER-FERRI,
G. E. P., LUGANO

Eine Seltenheit ist wohl, dass zwei Diplomanden der E.T.H. zusammen studiert, sich nachher verheiratet haben und nun gemeinsam ein Architekturbüro betreiben. Beide sind Mitglieder der G. E. P. und so mögen zwei ihrer kleinern Werke diese Festnummer bereichern.

Villa H. Rathgeb in Certenago (Abb. 1 bis 5). Die Villa liegt an einem stark abfallenden Hang unterhalb Certenago; sie ist dem Gelände angepasst und öffnet sich gegen die wundervolle Aussicht gegen See und Berge. Das Haus ist bestimmt für den Sommeraufenthalt einer Familie, die eng verbunden mit dem Garten leben will. Der Hauptwohnraum, die Halle und das Hauptschlafzimmer öffnen sich ebenerdig auf den vorgelagerten, windgeschützten Sonnenplatz.

Der eine höhere Flügel deckt die Gartenterrasse gegen den Nordwind ab, im Obergeschoss sind weitere Schlafzimmer untergebracht. Dem Kinderschlafzimmer im Obergeschoss ist eine Loggia vorgelagert, die die Sonne im Sommer abhält und damit einen kühlen Raum ermöglicht. Die Balkendecke im Wohnraum mit eingebauter Bibliothek ist in Kastanienholz ausgeführt, Boden und Kamin in Klinker, die Wände hell verputzt (Abb. 4). Die Kaminabdeckplatte ist in



Abb. 8. Villa Dr. Lambert in Gentilino aus Südwest

Tessiner Marmor aus Arzo ausgeführt, die Beschläge in Schmiedeeisen. Für den ganzen Bau wurden die ortsüblichen Materialien verwendet und der Knappheit an Zement und Eisen Rechnung getragen.

Villa Dr. Lambert, Gentilino (Abb. 6 bis 8). Dieser Bau ist für eine Aertzin erstellt worden, die sich nach einem strengen Berufsleben in den Tessin zurückgezogen hat, um sich der Malerei zu widmen. Um mit der Natur verbunden zu sein und um malen zu können, ist dieses Wohnhaus erstellt worden. Es steht in der Nähe der Kirche von S. Abbondio unterhalb Gentilino. Die beiden Wohnräume öffnen sich ebenerdig gegen eine Loggia und gegen den davor liegenden Gartenraum. Gegen Norden befindet sich das Atelier. Schlafzimmer und Gästezimmer sind im Obergeschoss angeordnet mit einer grossen Südterrasse, die von einem vorspringenden Dach Schatten erhält, ähnlich wie die Loggia im Erdgeschoss, die Sommersonne von den hintern Räumen fernhält.

Auch dieser anspruchlose Bau wurde mit den ortsüblichen Materialien ohne Eisenbeton und Eisen ausgeführt, die Loggia in Granit und gemauerten Bögen mit sichtbaren Backsteinen, die inneren Zimmerdecken als sichtbare Balken- und Kassettendecken ausgebildet. Türen und Einbaumöbel in Naturholz, Klinkerböden und verputzte Wände wie im Tessin üblich, Fenster und Läden in Kastanienholz, die sichtbaren Sparrenköpfe leicht gebräunt. Der rohe Aussenputz wurde in feuchtem Zustand mit schwacher Kalkfarbe gestrichen, das Dach mit Mönch- und Nonnenziegeln eingedeckt, sodass sich das Haus dem Charakter der umliegenden alten Tessinerbauten anpasst.

Technique de Mesure de la Consommation énergétique de l'homme au travail

Par WILLIAM DERIAZ, Ing. E. P. F., Dr. ès sciences psychologiques, Genève

Zusammenfassung. Die Arbeitszeitmessungen haben in den letzten Jahren eine grosse Entwicklung genommen. Es gibt aber Fälle, wo nicht nur die Zeit zu berücksichtigen ist, sondern die Messung auch des Energieaufwandes des Arbeiters von Bedeutung sein kann.

Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden im Laboratorium für Betriebswissenschaften der E. T. H. ausgeführt und hatten hauptsächlich zum Zweck, die Bedienung von Maschinen zu studieren, die Erzeugnisse der Eisen- und Stahlwerke vormals Georg Fischer (Schaffhausen) sind.

Der Verfasser verwendet die bekannte Methode des Sauerstoffs, bestehend in Gasvolumenmessungen und Gasanalysen. Um sich ein klares Bild der Arbeitsbedingungen verschaffen zu können, sollen diese Gasanalysen rasch ausgeführt werden. Die Genauigkeit muss höher sein, als die gewöhnlichen Orsat-Apparate es erlauben; die charakteristischen Verbesserungen der Methode in dieser Richtung werden beschrieben.

Der Verfasser zeigt, dass die notwendige Apparatur zur Ausführung der Messungen einfach ist. Immerhin braucht es Erfahrung, um die Arbeiter in die günstigen Bedingungen zu bringen, damit die Versuche untereinander vergleichbar werden. Es ist besonders wichtig, dass man sich nicht mit globalen Resultaten begnügt, sondern die analytische Kurve des Energieverbrauchs zeichnen kann, die über den Verlauf der Arbeitsbedingungen Aufschluss gibt.

Die durchgeführten Versuche erlaubten, zwei Arten von Verbesserungen an den untersuchten Erzeugnissen festzustellen: 1. Die Kraftersparnis durch eine technisch rationelle Gestaltung der angewandten Maschine; 2. die Energieersparnis des Ar-

beiters durch Aenderungen physiologischer Arbeitsbedingungen. Der physiologische Wirkungsgrad des Arbeiters hat durch günstigere Arbeitsbedingungen verdoppelt werden können.

Introduction

La dépense énergétique des ouvriers constitue un facteur économique important de la production.

Des mesures de la consommation d'énergie ont été entreprises à l'étranger dans les domaines les plus divers. Dans les ateliers, il est utile de connaître si les gestes imposés aux ouvriers et les efforts qui en résultent sont physiologiquement rationnels. Sur les chantiers et dans l'agriculture, de nombreux travaux ne peuvent être exécutés mécaniquement et c'est l'homme qui est alors la seule source d'énergie.

L'analyse chronométrée du travail industriel a permis de réduire les temps perdus et de réaliser des économies considérables. La pratique a montré que des repos intercalaires sont indispensables au maintien prolongé de l'allure normale du travail, sans qu'il ait été possible de préciser par des mesures la durée et la fréquence de ces poses.

La dépense énergétique de l'ouvrier a, sur la production, une répercussion qui ne peut pas être évaluée par des mesures de temps immédiates. L'affinement des temps de travail demande à être complété par la connaissance de la dépense énergétique de l'exécutant car il faut, dans certains cas, vérifier si le gain de temps réalisé n'est pas payé trop cher par une dépense

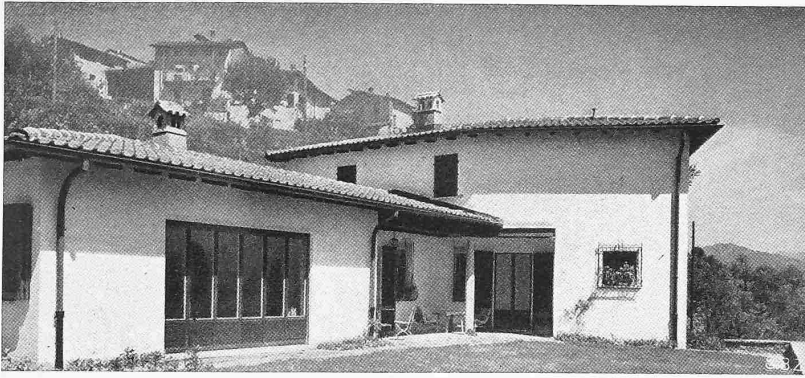


Abb. 2. Villa Rathgeb in Certenago, aus Süden.

Photos Ch. Schiefer, Lugano

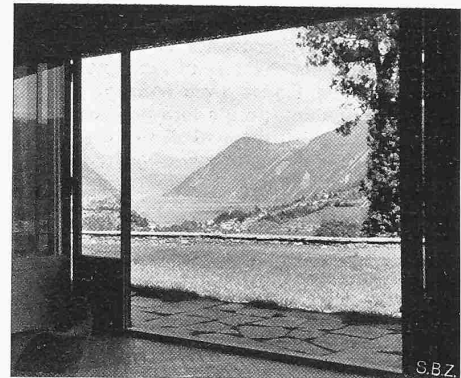


Abb. 3. Aussicht gegen Porlezza

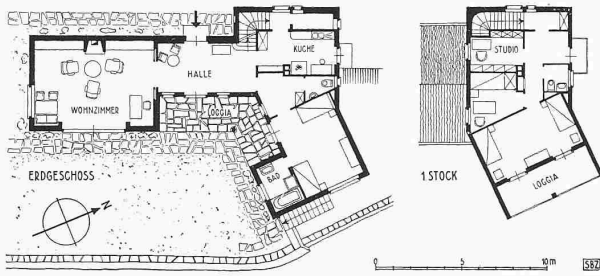


Abb. 1. Grundrisse und Gartenterrasse

Masstab 1 : 400

énergétique excessive. L'expérience montre que les opérations fatigantes ont une influence sur la rapidité du cycle de travail complet: l'ouvrier qui se fatigue exagérément lors d'une phase de son activité cherche instinctivement à trouver une détente compensatrice lors des opérations suivantes. En cas de surmenage répété, le rendement de la production baisse systématiquement.

La consommation de l'ouvrier ne dépend pas seulement de l'intensité du travail, mais des méthodes, qui ont une répercussion sur le rendement physiologique. Il est des cas où ce n'est pas l'opération la plus rapide, mais celle occasionnant la moindre dépense énergétique qu'il faut adopter. Il est donc utile, pour l'industrie, de disposer d'une technique permettant, pour des travaux quelconques, des mesures comparatives du rendement des ouvriers. L'appareillage que nous avons employé est suffisamment simple pour pouvoir être utilisé en dehors d'un laboratoire.

Nous avons mesuré l'énergie que consomme un ouvrier non seulement en exécutant des opérations purement manuelles, mais aussi en travaillant à une machine dont l'allure lui imposait le rythme opératoire.

Nous ne pouvons citer ici des exemples concrets puisque les résultats de nos travaux restent la propriété des maisons qui nous en ont chargé. Il nous paraît cependant intéressant d'exposer la technique que nous avons expérimentée pratiquement

dans les laboratoires de l'Ecole Polytechnique Fédérale. Ces recherches avaient principalement pour but l'étude de nouvelles machines construites par les Acières ci-devant Georges Fischer, à Schaffhouse.

Dispositions générales pour la mesure

La méthode de l'oxygène est la plus pratique pour évaluer la dépense énergétique humaine. La quantité d'énergie engendrée dépend de la combustion des aliments, par conséquent de la consommation d'oxygène nécessitée pour cette combustion¹⁾. La théorie, appuyée sur des recherches expérimentales systématiques, a prouvé que cette méthode donne des résultats satisfaisants²⁾.

Les différences dans la répartition des efforts d'ouvriers de tempéraments différents occasionnent en général des écarts plus grands que ceux provenant des variations de régimes alimentaires; il ne faut cependant jamais perdre de vue les différences entre les individus et entre les dispositions momentanées, tant au point de vue physiologique que psychologique.

La méthode se réduit à mesurer le débit des gaz expirés par l'ouvrier et à analyser fréquemment ces gaz pour établir la quantité d'oxygène consommée.

1) Les données physiologiques et les principes de la méthode sont décrits dans les ouvrages spéciaux, parmi lesquels ceux d'Edgar Atzler «Körper und Arbeit» (Georg Thieme Verlag, Leipzig) et de J. A. mar «Le Moteur Humain» (Dunod, à Paris) sont les plus connus.

2) En effet, les trois aliments de base sont: les hydrates de carbone, les graisses et les protéines. Le litre d'oxygène (à 760 mm et 0° C) utilisé comme comburant par l'organisme humain fournit: env. 5 kcal en brûlant des hydrates de carbone; env. 4,7 kcal en brûlant des graisses; env. 4,5 kcal en brûlant des protéines.

Le rapport entre l'oxygène consommé et l'anhydride carbonique expiré permet de déterminer les proportions d'hydrates de carbone et de graisses utilisées. La consommation de protéine comme aliment énergétique est faible et l'on peut, avec une précision suffisante, négliger l'influence de cet aliment. Avec un ouvrier dont l'alimentation et le travail sont réguliers, la valeur calorifique du litre d'oxygène reste à peu près constante, de sorte que l'erreur dans le calcul d'énergie devient négligeable par rapport aux autres facteurs influençant la mesure.

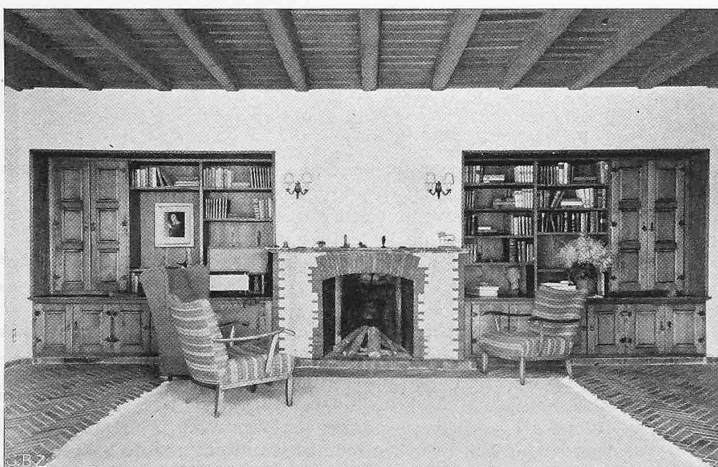


Abb. 4. Wohnzimmer der Villa Hermann Rathgeb in Certenago (bei Montagnola)

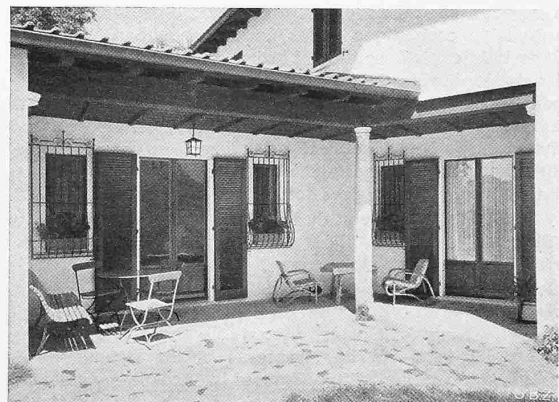


Abb. 5. Loggia-Ecke vor der Halle

Architekten HANS & SILVIA WITMER-FERRI, Lugano

Il faut s'assurer que l'on mesure la quantité complète des gaz expirés. Pour les travaux peu éprouvants, l'ouvrier porte une pince lui bouchant le nez et tient dans sa bouche une tuyère avec soupape aspirante et refoulante; mais lors de gros travaux, l'ouvrier, au moment des efforts importants, se concentre sur la contraction des muscles principaux tout en laissant les autres détendus. La mâchoire pend, l'air s'échappe à côté de la tuyère. Nous avons donc préféré faire porter le masque d'armée.

Les ouvriers déjà habitués à cet appareil utilisé au service militaire n'ont pas eu besoin de subir un long entraînement pour s'y adapter. Cependant le masque est gênant et les expériences doivent être conduites avec doigté. Il faut, en particulier, donner à l'ouvrier l'occasion d'enlever le masque suffisamment fréquemment et tenir compte que les mesures faites sont relatives, car elles ne correspondent pas exactement au travail à visage découvert.

Les tuyaux conduisant au compteur doivent être bien suspendus de sorte qu'ils ne gênent aucun mouvement de l'ouvrier et qu'ils ne puissent pas se plier, ce qui interromprait le passage des gaz (fig. 1). Leur démontage doit être facile pour permettre l'élimination de l'eau de condensation, puisque l'air provenant de l'expiration est saturé et circule dans un appareillage dont la température est inférieure à celle des poumons.

Pour être renseigné aussi rapidement que possible sur le métabolisme de l'ouvrier, un secrétaire lit, chaque demi-minute, le compteur à gaz, note la position et calcule le volume expiré qu'il reporte de suite sur le graphique. Celui-ci indique donc les variations du volume respiratoire en fonction du temps. Le secrétaire note sur le protocole non seulement les débits, mais les températures de passage de l'air au compteur, les travaux auxquels est soumis l'ouvrier et les divers événements qui se produisent.

Les échantillons de gaz expirés sont prélevés dans des sacs en tissu étanche (fig. 2). Si, au moment du prélèvement, l'ouvrier respire plus profondément, son débit augmente et la consommation d'oxygène par unité de volume baisse. Le relevé des volumes expirés toutes les demi-minutes subit des écarts dus à l'alternance des mouvements respiratoires. Pour éviter ces écarts dans la mesure du débit, on note pour chaque sac la position au moment où l'aiguille du compteur s'arrête (fin d'une respiration) en même temps qu'on stoppe la rattrapante du chronographe. On obtient ainsi, d'une part une mesure précise du débit et, d'autre part, une indication du moment exact où l'échantillon a été prélevé.

Analyse des gaz expirés

L'appareil classique d'analyse des gaz est l'appareil d'Orsat (fig. 3), dans lequel on introduit un volume déterminé (100 cm³) de gaz à analyser, dont on absorbe successivement les composants en mesurant les volumes restant après chaque absorption.

Les appareils d'Orsat courants sont d'un maniement trop lent et d'une précision insuffisante. En effet la consommation d'oxygène se déduit de la différence entre oxygène restant et anhydride carbonique absorbé; les concentrations de ce dernier, dans l'air expiré, sont de l'ordre de 2 à 4 %, de sorte que des écarts de mesure de 0,1 % du volume total d'air analysé correspondent, suivant la concentration, à une erreur relative de 1/20 à 1/40. Il est pratique de mesurer les volumes au moyen d'un thermo-baromètre, celui-ci permettant de comparer le contenu du tube gradué à une quantité constante de gaz de même température et de même pression.

Nous avons obtenu de très bons résultats en employant, pour l'absorption des gaz, les absorbeurs type Tramm évitant la fréquente manœuvre des robinets de l'appareil d'Orsat, tout en permettant un excellent barbotage. En réduisant ces manœuvres au minimum, on évite ainsi toute perte de temps (le fait d'avoir un grand nombre de robinets à manœuvrer peut quintupler la durée de l'analyse) et les risques de casse (qui obligent à reprendre l'analyse et retardent considérablement le travail), de fausses manœuvres et de rentrée d'air le long du boisseau. Ces rentrées d'air ne sont pas toujours contrôlables à temps et, pour les éviter, il faut roder et graisser fréquemment les robinets. Il convient donc de réduire le plus possible la fréquence des lectures qui nécessitent non seulement des manœuvres

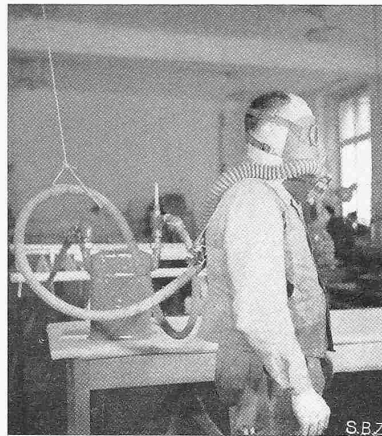


Fig. 1. Ouvrier portant le masque. On remarque, derrière l'ouvrier, les tuyaux d'aménée de l'air

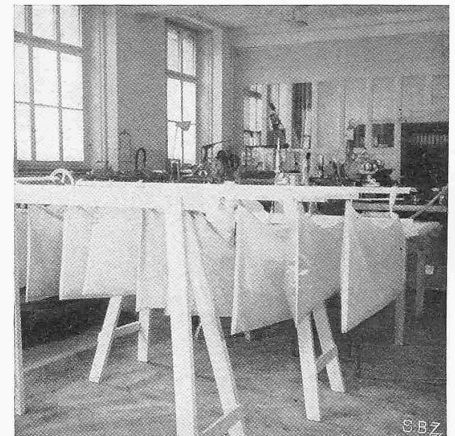


Fig. 2. Sacs de prélèvement d'échantillons de gaz. Le sac à droite est raccordé au tuyau du compteur

de robinet pour immobiliser les gaz, mais aussi un effort d'attention pour être précise.

L'absorption de l'anhydride carbonique par la potasse est très rapide; il est recommandable de faire un nombre de barbotages suffisant pour être certain que l'absorption est complète, de manière à ne faire qu'une seule lecture. Ce nombre sera fixé par des essais préliminaires. L'absorption de l'oxygène, par contre, est très lente et, même un nombre assez élevé de barbotages n'accuse pas de façon certaine une absorption complète. Le nombre de lectures a été restreint au minimum en absorbant l'oxygène par deux séries d'un même nombre de barbotages. Les trois lectures encadrant ces deux séries permettent de déterminer l'asymptote pour un nombre de barbotages infini, c. à d. pour l'absorption complète.

En effet, la théorie et l'expérience montrent que l'absorption est une fonction exponentielle du temps pendant lequel le gaz est exposé au liquide, c. à d. pratiquement fonction du nombre de barbotages, si ces derniers sont effectués rapidement. On constate, par contre, que, dans les appareils demandant une manœuvre fréquente de robinets, la courbe obtenue expérimentalement se relève avant d'atteindre l'asymptote, parce que les rentrées d'air fortuites deviennent plus importantes que l'absorption.

En désignant la concentration du gaz à absorber par y , le temps d'exposition à l'absorbant (ou le nombre de barbotages) par x , nous avons l'équation différentielle

$$\frac{dy}{dx} = -kx \text{ où } k \text{ est une constante}$$

dont l'intégration donne

$$y = y_0 e^{-kx}$$

où y_0 est la concentration initiale (au temps $x = 0$) que nous voulons déterminer.

Nous avons respectivement

$$\text{après la 1ère série de } n \text{ barbotages } y_1 = y_0 e^{-kx_1}$$

$$\text{après la 2ème série de } n \text{ barbotages } y_2 = y_0 e^{-kx_2}$$

Puisque les nombres de barbotages de chaque série sont identiques

$$x_2 = 2x_1 \text{ et } y_2 = y_0 e^{-2kx_1}$$

$$\text{d'où } y_1^2 = (y_0 e^{-kx_1})^2 = y_0^2 e^{-2kx_1} = y_0 (y_0 e^{-2kx_1})$$

$$y_1^2 = y_0 \cdot y_2 \text{ soit } y_0 = \frac{y_1^2}{y_2} \dots \dots \dots (1)$$

On exécute successivement une lecture a_0 , après absorption de l'anhydrite carbonique, puis une série de n barbotages d'oxygène, puis une nouvelle lecture a_1 puis une deuxième série de n barbotages suivie de la lecture a_2 .

Les concentrations sont respectivement y_0, y_1 et y_2 lors des lectures a_0, a_1, a_2 d'où

$$y_0 - y_1 = a_0 - a_1 \text{ et } y_1 - y_2 = a_1 - a_2$$

En tenant compte de l'équation (1) on tire la concentration d'oxygène avant l'analyse

$$y_0 = \frac{(a_0 - a_1)^2}{(a_0 - a_1) - (a_1 - a_2)} \dots \dots \dots (2)$$

L'opération s'effectue donc toujours avec le même nombre de lectures, c. à d. avec les mêmes manutentions de robinets et, pour chaque analyse, les risques de rentrées d'air sont identiques et minima.

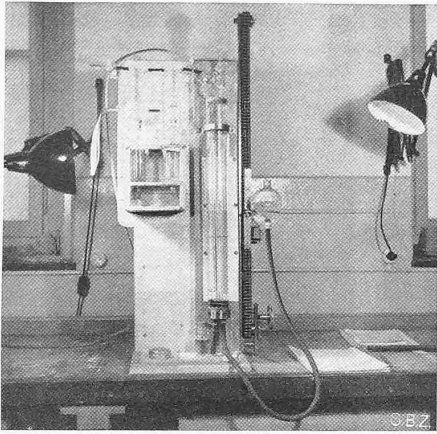


Fig. 3. Appareil d'Orsat. Le long récipient vertical à droite est la burette de mesure. A gauche, en haut les absorbeurs de Tramm

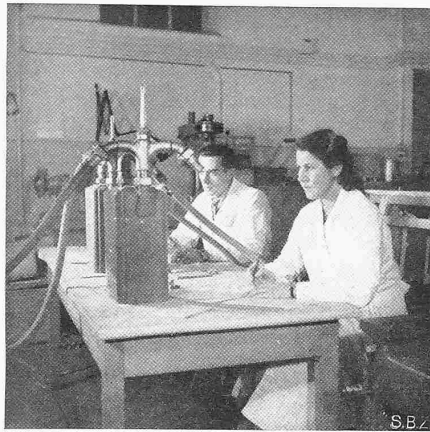


Fig. 5. Deux secrétaires lisant deux compteurs reliés à deux ouvriers travaillant ensemble

Sacs d'échantillonnage

Les sacs que nous avons utilisés sont en tissu imperméable très souple. Ils sont cousus, les coutures sont recouvertes de leucoplast (fig. 2). Un sac de contenance 40 litres est rempli en une minute environ lorsque l'ouvrier fournit un gros effort qu'il ne peut pas maintenir plus de quelques minutes de suite, tandis qu'en général, le remplissage d'un sac dure 4 minutes pendant le repos.

Il n'y a pas d'intérêt à utiliser des sacs de trop faible contenance, car il serait illusoire de croire que l'on mesure l'énergie dégagée immédiatement: si, par suite du rythme du travail, l'ouvrier retient sa respiration juste avant le prélèvement d'un sac, les mesures peuvent être faussées³⁾. Avec un jeu de dix sacs et un appareil d'analyse fonctionnant en plein, il est possible d'analyser les gaz expirés pendant 20 minutes de travail assez intense, entrecoupé des repos indispensables.

Il est important d'étudier la constance avec laquelle les sacs conservent les échantillons de gaz. Pendant l'instant où le sac est débouché pour enlever le tuyau d'amenée de gaz ou introduire la sonde de prélèvement pour l'analyse, il s'échappe du gaz, mais il n'y a pas de dilution avec l'air ambiant, car la pression du sac est suffisante pour que le courant ne s'établisse que de l'intérieur à l'extérieur. De petits trous au sac ont pour seul effet une perte du contenu.

Pour éviter tout effort respiratoire inutile, il convient de réduire au minimum la résistance des sacs au gonflement. Il y a donc intérêt à utiliser un tissu très souple pouvant présenter cependant l'inconvénient de laisser diffuser les gaz, ce qui a pour effet une variation du dosage du contenu. Il est donc prudent de contrôler cette diffusion et d'éliminer les sacs trop usés.

Calcul de l'énergie consommée

Le produit du débit gazeux par l'énergie correspondant à l'unité de volume de gaz (calculée d'après les résultats d'analyse) donne l'énergie consommée par l'ouvrier dans l'unité de temps. La courbe respiratoire tracée par demi-minute est très saccadée, parce que la mesure des débits est influencée par les interférences qui se produisent entre les moments des lectures (toutes les demi-minutes) et le rythme respiratoire. Pour obtenir une courbe plus conforme au phénomène, il est recommandable de prendre, chaque minute, la différence sur deux minutes, de sorte que les irrégularités se compensent.

En prélevant des échantillons aux moments de repos intermédiaires de courte durée (1 à 2 minutes), nous avons constaté des variations de consommations spécifiques en kcal/m³:

Travail en plein	Repos	Travail en plein
pour des variations de débit de 26 à 42 l/min:		
211 à 196	197	207 206
pour des variations de débit de 20 à 40 l/min:		
221	211	201 211

Nous constatons que les concentrations gazeuses ne varient pas aussi brusquement que les débits d'air expiré et qu'il n'est

³⁾ Les poumons contiennent de l'air dont la pression partielle d'anhydride carbonique est de 40 mm de mercure, ce qui correspond à un dosage de 5,6%. Lors du prélèvement des gaz, les concentrations sont toujours d'au moins 2,6%. L'écart est donc au maximum de 5,6 - 2,6 = 3% relativement à l'air résiduel dont le volume est 1,5 litre. Sur un sac de 40 litres, l'erreur maximum sera donc $\frac{1,5}{40} \cdot 3\% = 0,11\%$.

pas nécessaire, pour établir la courbe des kcal/m³, d'avoir autant de points que pour la courbe des débits. L'énergie absorbée par l'ouvrier est le produit du débit par les kcal au volume effectif. Pour chaque point de la courbe de débit, on peut déterminer un point de la courbe d'énergie par unité de temps, la courbe de consommation spécifique (au m³) étant assez régulière pour qu'on puisse l'interpoler.

On établit ainsi, pour chaque minute, l'énergie absorbée (kcal/min). La courbe étant tracée à intervalles réguliers (de 1 min), on obtient son intégration en faisant la somme des quantités d'énergie absorbées qui donne la quantité d'énergie totale pour le travail complet. De la sorte il est possible de déterminer, pour chaque travail, la consommation d'énergie et de constater pour quelle disposition et quelle allure du travail la consommation est minima.

La dépense nette occasionnée par le travail correspond à la différence entre l'énergie absorbée au repos R (fig. 4) et l'énergie absorbée pendant le travail.

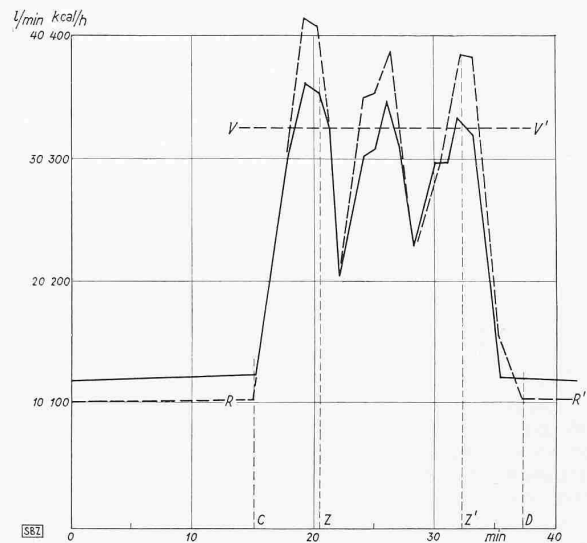


Fig. 4. Variations des débits d'air expiré et des consommations d'énergie; en traits pleins débit d'air en l/min, en traits pointillés consommation d'énergie en kcal/h

La moyenne de l'énergie absorbée en plein travail pourrait être obtenue en prélevant un seul échantillon global de grand volume. Ce prélèvement se ferait pendant la durée allant des temps indiqués par z et z' sur la fig. 4. La différence de consommation entre VV' et la consommation au repos RR' nous donne la consommation nette entre les temps z et z'. Comme le montre la fig. 4, cette dépense peut être très variable suivant les temps de repos intermédiaires et elle ne tient pas compte de la mise en train et de la reprise du régime de repos. Il est risqué de se contenter de mesures globales et il est préférable d'intégrer toute la courbe d'énergie consommée par unité de temps depuis le commencement du travail jusqu'à ce que l'ouvrier ait repris son état de repos. Il est donc utile de connaître entièrement cette courbe pour pouvoir l'intégrer avec quelque certitude. L'allure de la courbe permet aussi de se rendre compte si le travail est excessif ou s'il y a équilibre du métabolisme.

Par suite de l'inertie propre à l'organisme et du fait que l'on mesure les résultats de combustion après expiration, la courbe d'énergie est toujours en retard sur la courbe du travail et il faut tracer ces deux courbes pour pouvoir juger des phénomènes et établir un calcul. La prise d'échantillons globaux ne permet pas une analyse sûre et il est de toute importance que l'on puisse déterminer fréquemment les dosages gazeux.

Pour des opérations effectuées simultanément par plusieurs ouvriers, il est intéressant de mesurer séparément les consommations d'énergie de chaque ouvrier (fig. 5). Il est intéressant de

constater que le rendement de l'ouvrier varie beaucoup suivant la disposition des organes mécaniques qu'il doit entraîner.

Conclusions

- Nous avons constaté, pour le même travail, des consommations d'énergie variant du simple au quintuple suivant la méthode ou la machine utilisée. Ces variations proviennent principalement des faits suivants:
 - les machines étudiées présentent des différences techniques.
 - le rendement physiologique peut être largement doublé par une disposition judicieuse des organes actionnés par l'ouvrier.
- Il est remarquable que l'allure qu'adopte spontanément l'ouvrier n'est pas toujours la meilleure. Pour des raisons psychologiques (excitation momentanée, impatience, lassitude...), il arrive que l'ouvrier prenne une allure lui paraissant la plus avantageuse, mais lui occasionnant une plus grande dépense pour un même travail.
- La mesure de la dépense énergétique humaine n'exige pas un appareillage compliqué: la technique de la mesure est relativement simple. Un groupe de quatre personnes (chef d'essais et 3 aides) peut établir, au fur et à mesure des essais et sans délai, la courbe de consommation d'énergie.
- Il faut se défier des mesures globales ne donnant pas les variations instantanées de la consommation, tandis que la rapidité des mesures et leur valorisation immédiate permet une étude analytique du phénomène.
- On ne peut tirer des déductions sérieuses des mesures que si l'on tient compte de l'ambiance, de l'individualité (tempérament), de l'entraînement et de la fatigue. Les essais doivent être dirigés par une personne compétente entraînée à évaluer ces facteurs et à contrôler leur influence par l'examen critique de la courbe de consommation d'énergie.

Dans ces conditions, les mesures sont parfaitement comparables et il est possible de connaître les résultats avec une précision satisfaisante.

Holzerzeugung und Holztransport bei pfleglicher Waldwirtschaft

Von Prof. Dr. H. KNUCHEL, Abteilung für Forstwirtschaft a. d. E. T. H.¹⁾

1. Wald und Holz

Holz ist und bleibt einer der edelsten und gesuchtesten Rohstoffe der Erde, der in jährlich zunehmender Menge verbraucht wird. Es müssen daher immer weiter entlegene Waldgebiete erschlossen werden, um den Welt-Holzbedarf zu decken. Der Holzbedarf unseres Landes wird in normalen Zeiten zu etwa drei Vierteln aus den eigenen Wäldern gedeckt, während ein Viertel eingeführt werden muss, nämlich Spezialsortimente, die unsere Wälder nicht oder nicht in genügender Menge und Beschaffenheit liefern können, aber auch gewöhnliches Laub- und Nadelholz, rund und geschnitten, ja sogar Papier- und Brennholz. Seit Kriegsausbruch ist die Zufuhr aus dem Ausland fast unterbunden.

Die jährliche Nutzung wird normalerweise etwas niedriger angesetzt als der Zuwachs dies gestatten würde, nicht in erster Linie, um Reserven für Notzeiten anzulegen, so wünschenswert dies auch wäre, sondern um die Holzvorräte auf eine Höhe zu bringen, bei der die Bestände den höchstmöglichen und wertvollsten Zuwachs hervorzubringen vermögen. Bei einer Waldfläche von etwa einer Million Hektaren beläuft sich die normale jährliche Nutzung im schweizerischen Wald auf etwa $3\frac{1}{2}$ Mio m³, d. h. auf etwa $3\frac{1}{2}$ m³/ha Waldfläche. Die guten Standorte der Niederung, die auch für eine landwirtschaftliche Benützung in Frage kommen können, liefern 10 bis 12 m³/ha Holz und mehr im Jahr, aber die meisten Wälder liegen in den Bergen, wo nur 1 bis 2 m³/ha Zuwachs oder noch weniger geleistet werden. Der Zuwachs der Waldbestände wird alljährlich durch die Höhen- und Stärkezunahme sämtlicher Bäume des Waldes geleistet. Es können aber immer nur ganze Bäume geerntet werden, deren Auswahl eine der wichtigsten Tätigkeiten der Forstbeamten ist. Denn der Hieb, die Schlageinzeichnung, ist sozusagen das einzige Mittel, das uns zur Verfügung steht, um die Bestände allmählich zu verbessern. Die zu fallenden Bäume werden schon im Sommer oder im Herbst teils durch den Oberförster selber, teils durch die Gemeinde- oder Revierförster sorgfältig ausgewählt, gemessen und mit der Axt oder dem «Reisser» angezeichnet. Für das Fällen und Aufarbeiten werden Lose gebildet, die an Holz-

hauerguppen, meist im Akkord, vergeben werden. Das Fällen und Rüsten erfolgt im Spätherbst und Winter, der Abtransport erstreckt sich bis weit in das Frühjahr hinein. Die Rüstung von jährlich $3\frac{1}{2}$ Mio m³ Holz und dessen Transport an die Verbrauchstellen erfordert eine Arbeit, von deren Ausmass sich der Laie meist keine richtige Vorstellung macht. Denn diese Arbeit wird im Winter, weit weg von den Siedlungen und Verkehrswegen, auf Tausenden von weit auseinanderliegenden Arbeitsplätzen geleistet, wo niemand hinkommt als etwa verirrte Skifahrer. Auf oft steilen, tief verschneiten Wegen erreichen die Waldarbeiter frühmorgens ihre Arbeitsplätze, um erst nach Einbruch der Dunkelheit wieder aufzubrechen, wenn sie nicht vorziehen, in primitiven Hütten zu übermachten. Die Holzrüstung selbst erfordert Kraft, Geschicklichkeit und Ausdauer, wie sie in der Regel nur bei der an harte Arbeit gewöhnten landwirtschaftlichen Bevölkerung zu finden sind.

Die gefällten Stämme werden in Sortimente zerlegt; denn in jedem Bestand, ja an jedem Baum fällt Holz von sehr ungleichen Eigenschaften und ungleichem Wert an. Wir unterscheiden zwei grosse Gruppen: 1. Nutzholz, 2. Brennholz. Jede Forstverwaltung ist bestrebt, in ihren Wäldern geradschäftigere und fehlerfreiere Bestände zu erziehen, als wir sie von unsern Vorfahren übernommen haben, und aus dem gefällten Holz möglichst viel Nutzholz auszuscheiden, denn Nutzholz wird besser bezahlt und erfordert weniger Arbeitsaufwand als Brennholz. Der Schweizerwald liefert durchschnittlich etwa 45 % Nutz- und 55 % Brennholz; es wird also immer noch mehr als die Hälfte des erzeugten Holzes im Ofen verbrannt. Laubholzbestände liefern in der Regel höchstens 20 % Nutzholz, während Nadelholzbestände eine Ausbeute von 80 und mehr Prozent ergeben können. Wenn wir trotzdem heute den Anbau des Laubholzes fördern, so hängt das damit zusammen, dass die Fruchtbarkeit der Böden und die Widerstandskraft der Bestände gegen äussere Gefahren nur bei einer angemessenen Laubholzbeimischung erhalten werden können.

Das Nutzholz wird in Form von ganzen Stämmen oder von Stammabschnitten an die Sägereien verkauft, das derbe Brennholz in 1 m lange Spalten und Prügel zerlegt und meist zu Klaftern von 3 Ster Inhalt = etwa 2,1 m³ feste Masse aufgerüstet. Das Reisig, das sind alle Stämme und Stammteile von weniger als 7 cm Durchmesser, bleibt ungenutzt im Schlag liegen oder es wird an Haufen geschlagen oder zu Wellen aufgearbeitet. Neuestens wird Reisig und anderes Abfallholz auch wieder verkohlt oder in kurze Stücke zerhackt (Hackholz), um es als Gas- oder Brennholz nach dem Gewicht zu verkaufen; in Graubünden wird es neuerdings z. T. der «Holzverzuckerung» bei Ems zugeführt. Das in der Schweiz Jahr für Jahr gerüstete Nutzholz ergäbe eine Walze von 1 m Durchmesser, die von Zürich bis Leningrad reicht, das derbe Brennholz eine Klafferbeige von Zürich bis Bukarest und das Reisig eine Wellenbeige von Zürich bis Granada. Man kann sich die zusätzliche Arbeit vorstellen, die gegenwärtig vom obern und untern Forstpersonal bis hinunter zum letzten Waldarbeiter und den Zugtieren geleistet werden muss, wenn annähernd die doppelte normale Holzmenge geerntet wird.

Da 1 m³ Laubholz in frischem Zustand etwa 1000 kg, 1 m³ Nadelholz etwa 800 kg wiegt, müssen bei einer Nutzung von jährlich $3\frac{1}{2}$ Mio m³ etwa 3 Mio t Holz von weit zerstreuten Stellen in meist abgelegenen Gegenden nach den Tausenden von Verbrauchstellen geführt werden. Es entsteht dabei leicht ein Missverhältnis zwischen Gesteungskosten und Erlös, weil Holz im Verhältnis zu seinem Gewicht und Volumen nur einen geringen Wert besitzt. Weniger wertvolle Sortimente wie Gipfel, Aeste und schadhafte Stammteile können daher nur mit Verlust geerntet werden. Welcher Ferienspaziergänger hätte sich nicht schon darüber aufgehalten, dass in den Bergwäldern Holz massenhaft verfault, und gute Ratschläge erteilt, wie man diese Schätze mit Arbeitslosen, Pfadfindern oder sogar mit Militär heben könnte, ohne sich eine richtige Vorstellung zu machen von den Transportproblemen, die sich hier stellen, und von der Schwierigkeit, solche minderwertigen Sortimente unserer verwöhnten Kundschaft anzuhängen? Immerhin sollte man glauben, dass solches Holz wenigstens gegenwärtig, in einer Zeit der Brennstoffknappheit, verwertet werden könnte. Es bemühen sich denn auch zahlreiche Forstverwaltungen und private Organisationen um die Gewinnung von Abfallholz in den Bergwäldern, doch sind ziemlich grosse Zuschüsse aus öffentlichen Mitteln erforderlich, weil die Transportkosten viel stärker gestiegen sind als die Holzpreise. Gleichwohl müssen diese Bemühungen fortgesetzt und sogar verstärkt werden; denn jedes Scheit, das im Ofen an Stelle von Kohle verbrannt wird, schafft Arbeit und

¹⁾ Nach dem Vortrag im Z. I. A.-Kurs 1944. Vgl. Bd. 123, S. 157.