

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.
Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société
Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative
= Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 143 (1963)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten der SNG und Hauptvorträge

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: 10.01.2026

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

Discours d'ouverture du président annuel de la SHSN

Par le D^r IGNACE MARIÉTAN, Sion

MM.

Les traditions de la SHSN veulent que, à la Séance générale d'ouverture, le président annuel présente une conférence sur un sujet pris dans le domaine de son activité.

J'ai pensé vous être agréable en vous communiquant des observations sur le visage et l'âme du Valais, autrefois et aujourd'hui. Ce sujet a fait l'objet de mes observations au cours de ma longue vie de professeur de sciences naturelles; il est si vaste et si complexe, je me bornerai à des considérations générales. Il vous aidera, j'espère, à mieux comprendre ce canton, dans lequel vous vous trouvez, qui vit actuellement une période de profondes transformations économiques.

AME ET VISAGE DU VALAIS AUTREFOIS ET AUJOURD'HUI ¹

Le genre de vie des habitants du Valais a été déterminé, d'une manière générale, par l'isolement dans lequel les Alpes les tenaient, et, aussi, par la vie particulière qu'impose la montagne. La plaine du Rhône étant inondée, la plus grande partie de la population vivait sur les coteaux et à la montagne. La vie là-haut a une signification spéciale, plus grave, plus impressionnante. A la montagne il y a les chutes de pierres si fréquentes, les glissements de terrain, les torrents souvent dévastateurs, les endroits rocheux dans lesquels gens et bêtes doivent aller, les avalanches très dangereuses. A la montagne, les orages sont plus inquiétants, les incendies plus dévastateurs, la lutte pour la vie est plus difficile et plus angoissante.

Les échanges avec l'extérieur étant si difficiles, les Valaisans ont été conduits à exploiter leur sol de manière à produire, autant que possible, tout ce qui est nécessaire à la vie.

Leurs occupations, au cours des saisons, sont régulières dans les grandes lignes, mais très variées dans les détails, car elles doivent s'adapter aux circonstances si diverses des saisons, du climat de l'altitude, de l'expo-

¹ Je reproduis dans cette première partie des idées que j'avais exposées dans mon livre: «Ame et Visages du Valais», en 1949.

sition, de la nature du sol. Le relief exige des migrations pastorales, genre de vie qui est l'expression la plus pure de l'influence de la montagne sur l'activité humaine.

En mars déjà, le travail des vignes provoque l'exode vers les coteaux de la vallée du Rhône. Puis on remonte, et en mai-juin, on va dans les mayens pour faire manger aux animaux domestiques la première herbe, en attendant celle des pâturages. Ces séjours dans les mayens sont une source de joie et de santé. Quitter sa vie habituelle, aller vivre en montagne pendant quelques semaines, sans grand travail, dans une nature merveilleuse, loin des conventions humaines, quel rêve!

Vers la fin de juin a lieu la montée à l'alpage. Pendant que les pâtres travaillent là-haut, ceux d'en bas soignent la vigne, font les foin, récoltent les céréales, entretiennent les bisses, distribuant l'eau jour et nuit, suivant une réglementation minutieuse.

Voici l'automne avec la désalpe. C'est de nouveau dans les mayens que le bétail séjournera quelques semaines, avant de prendre ses quartiers d'hiver. L'automne! quelle belle saison! l'air est si pur, le soleil fait vibrer les belles couleurs des mélèzes dorés.

Et voici la Toussaint qui marque comme un tournant sur la route des saisons. C'est au village que les montagnards passent l'hiver dans le calme et le silence propres à la réflexion, soignant le bétail, préparant le bois, faisant leur ménage.

On a dit bien souvent que la vie des paysans de la montagne ne demandait que peu d'intelligence, que leur travail, toujours le même, était guidé par la routine. La réalité est tout autre: les travaux à faire sont extrêmement variés; il faut travailler la pierre, le bois et même les métaux; l'entretien et les réparations des constructions l'exigent. Il faut lutter pour l'eau et contre l'eau, ce qui sur des terrains en pente, pose de nombreux problèmes. La vie des plantes demande des travaux variés, il faut choisir des emplacements favorables pour les jardins, les céréales, les prés, la vigne. Les problèmes de la vie sont plus délicats encore avec l'élevage des animaux. Ailleurs, pour résoudre ces questions, on fait appel à des spécialistes, en montagne, le chef de famille est seul, ses outils sont rudimentaires, il doit trouver les meilleures solutions, inventer des procédés. C'est la joie de connaître de l'inventeur, si elle porte sur de petites choses, elle n'en est pas moins très intense.

La vie à la montagne exerce une grande influence sur l'éducation des enfants; ceux-ci doivent apporter leur concours pour le travail; à 7-8 ans, on leur confie déjà la garde du bétail; ils doivent prendre des décisions eux-mêmes, exercer ainsi leur intelligence et leur volonté. Ils se trouvent en contact prolongé avec les innombrables phénomènes de la nature. Alors que les enfants des villes grandissent dans un étage, sur une cour, ne connaissant guère du monde que ce ciel découpé par les toits, ces boutons que l'on tourne pour avoir lumière, chaleur, distraction, les petits montagnards font la connaissance de l'eau précieuse, qu'on va chercher très loin, et qu'on distribue aux plantes et aux bêtes. Pendant les longues sécheresses, ils savent pourquoi les parents regardent les nuages et, avec

eux «ils cherchent, dans le ciel du soir, le temps du lendemain». Ils font connaissance avec le soleil, don merveilleux, qui règle toute vie, et avec cet autre feu de l'âtre, à la flamme claire et joyeuse; ils savent le produire, l'alimenter et l'éteindre, ils en connaissent l'utilité et le danger.

La grande leçon pour ces enfants est celle de la vie. Ils se penchent sur le mystère des semences qu'ils enfouissent dans le sol; quelle joie lorsqu'ils voient les jeunes tiges sortir de terre, s'élever, fleurir, et fructifier! Leurs beaux yeux purs voient la naissance de l'agneau, du cabri ou du veau, ils admirent l'amour maternel et l'ingéniosité de la vie. La nature est leur meilleure éducatrice.

La possession en propre de maisons et de terrains, la libre disposition de l'activité journalière, forment un esprit d'indépendance, de liberté très prononcé. Le rythme des travaux saisonniers crée des coutumes innombrables, fidèlement suivies. Ainsi s'établit un esprit de traditionalisme, qui fait le fond du caractère des montagnards valaisans. Il s'exprime de tant de manières, citons les constructions des maisons paysannes. Le Bas-Valais a adopté la maison à fins multiples des Préalpes: tous les services sous le même toit; l'ornementation est très sobre, c'est la maison elle-même, par son équilibre, son harmonie, et sa simplicité qui est son plus bel ornement. Le Valais central et le Haut-Valais se rattachent au groupe des Alpes: on sépare la maison d'habitation, le grenier, le raccard pour les céréales, la grange-écurie.

Les costumes valaisans sont particulièrement aptes à la vie paysanne et montagnarde. Malgré certaines variantes, ils gardent toujours un air de famille.

Rien n'exprime mieux l'influence isolante des montagnes sur la population du Valais et la pénétration des influences extérieures, que les dialectes. Ils remontent directement au latin parlé par les Gaulois romanisés; ils sont remarquables par la richesse et la profusion des termes concernant la vie alpicole. Ils renferment des reliques vénérables, nous y voyons s'accomplir sous nos yeux des transformations qui nous reportent à des centaines d'années en arrière dans l'histoire du français.

Très différents suivant les vallées, ils se laissent cependant classer en deux groupes, pour le Valais roman. L'un comprend les patois parlés depuis le Léman jusqu'à la Morge, l'autre depuis la Morge à la Raspille. L'isolement plus grand de cette dernière partie du Valais explique son cachet plus archaïque. Le val d'Illicz offre un exemple typique de ce refoulement du vieux langage. La moitié inférieure de la vallée, commune de Troistorrents, parle un patois typique du Bas-Valais, tandis que les deux communes plus élevées, Val-d'Illicz et Champéry, parlent un patois ayant conservé des caractères plus anciens².

Les difficultés d'une telle vie créent parfois chez les montagnards valaisans une regrettable âpreté au gain, un esprit de combativité mal dominé. Mais d'autre part elles suscitent un remarquable esprit d'entraide.

² *E. Tappolet*: «Les données fondamentales des conditions linguistiques du Valais» dans *Revue de Linguistique romane*, tome VII, 1931.

Les phénomènes de la nature contre lesquels ils sont si souvent impuissants, conduisent à la résignation, et à un contentement naturel qu'on retrouve rarement ailleurs.

Ce genre d'agriculture familiale maintient le sens de la famille, le goût du travail, le respect de la propriété d'autrui, la fidélité à la parole donnée, elle est vraiment la sauvegarde de la véritable armature morale du pays.

Cependant il ne faudrait pas conclure à une grande spontanéité et à un esprit créateur indépendant particulièrement développé chez les Valaisans. Leur principale originalité est beaucoup moins d'avoir créé de l'inédit que d'avoir conservé jusqu'au milieu du XX^e siècle beaucoup d'éléments de civilisation qui n'avaient jadis rien de spécial, mais qui paraissent uniques en leur genre aujourd'hui parce que tout s'est modifié autour d'eux par suite d'une évolution plus rapide.

Mon intention n'est pas de traiter ici de la question religieuse des Valaisans pourtant si importante, je dirai seulement que, exposés à tous les dangers de la vie en montagne, ils ne pouvaient guère compter sur le secours des hommes, alors ils sont allés à Dieu par une foi sincère et profonde. Mais n'ayant guère de formation intellectuelle, ils ont éprouvé le besoin de choses matérielles pour exprimer leurs croyances, de là tant d'objets religieux, tant de cérémonies, tant de traditions. Pour en comprendre le sens, le vrai sens, il faut se placer dans les circonstances qui leur ont donné naissance, et compter sur la tradition qui les a conservées.

Telle fut, me semble-t-il, dans les grandes lignes, la caractéristique de l'âme et du visage du Valais d'autrefois.

Abordons maintenant l'âme et le visage du Valais d'aujourd'hui. Les modifications de son visage, c'est-à-dire des formes du paysage, sont si lentes qu'une vie humaine ne peut les remarquer. Cependant il y a des exceptions, je voudrais évoquer le tremblement de terre de 1946. Grâce aux observations séismologiques, on a pu déterminer l'épicentre dans la région au nord-est de Sierre, soit Mollens, Montana, vallée de la Liène. Il se trouve donc dans une zone de dépression de l'axe longitudinal de la chaîne berno-valaisanne, là où le massif cristallin de l'Aar disparaît sous les nappes helvétiques.

Il y eut une grosse secousse le 25 janvier, puis de nombreuses répliques, dont une très forte le 30 mai. Celle-ci a produit un gros éboulement au Rawilhorn. Ayant par hasard pris une photo l'automne précédent, j'ai là un document intéressant que je vous présenterai. Une masse de 4 à 5 millions de m³ de roche s'est détachée des étages Barrémien-Urgonien, sur l'arête du Rawilhorn vers 2300-2900 m, s'est effondrée à 500-600 m au pied de la paroi, vint recouvrir le lac Luchet, et poursuivit sa course sur plus de 2 km.

Dans le domaine de la zoologie, je mentionnerai la réintroduction du Bouquetin. Ce bel animal existait partout autrefois dans nos Alpes. Sa disparition totale de Suisse, attribuée avec raison à la chasse exagérée, date du XIX^e siècle.

Le canton du Valais comme ceux de Berne et des Grisons, chercha à le réintroduire. Le 23 juin 1928, le conseiller d'Etat Maurice Troillet arriva

à Fionnay, dans le val de Bagnes, avec 5 Bouquetins; on continua à en lâcher les années suivantes; en 1945 on compte 20 lâchés, l'effectif est alors de 138. A la fin de 1960 la colonie atteint 470. Avec les autres colonies, établies entre-temps, le total atteint 620. La colonie du Pleureur est donc une réussite parfaite. Tout là-haut dans la solitude des Alpes, c'est un grand plaisir pour les touristes, les habitants du pays et pour les gardes d'observer les Bouquetins, surtout quand on les voit sur les arêtes s'élevant à l'horizon avec une grande majesté. Ainsi les erreurs commises par nos pères sont réparées; dans l'histoire de la nature, le rétablissement du Bouquetin dans nos Alpes est un honneur pour notre siècle.

Devant ce succès, divers groupements touristiques ont manifesté le désir d'en capturer afin de les acclimater ailleurs. Comment procéder à cette capture? On construit des trappes en bois, aux deux extrémités se trouvent des portes basculantes avec un système de déclenchement approprié. Cette construction est placée longtemps à l'avance dans des passages fréquentés par les Bouquetins. Les portes sont levées et assurées. On y met du sel pour les attirer. Quand le moment de la capture est venu, on arme le dispositif faisant déclencher les portes. Pour faciliter la surveillance, on place ces pièges dans un endroit visible depuis la station de Fionnay. Lorsqu'on remarque que les portes sont tombées, les gardes se rendent sur place avec des cages spéciales en osier. La capture de la bête à l'intérieur du piège est parfois dangereuse, car le Bouquetin fonce, tête baissée; ses cornes puissantes et noueuses sont une arme redoutable. Un homme monte sur le toit de la trappe et, à l'aide d'une cordelette munie d'un nœud coulant, il fait passer la boucle autour d'une des cornes, puis soulève le train avant de l'animal, jusqu'à ce qu'il ne repose plus sur le sol, dès lors il ne peut plus se défendre et on l'introduit dans la cage d'osier.

Grâce à ce système, de nombreux Bouquetins ont été transportés dans différentes parties de notre canton, à Loèche-les-Bains, dans le val de Tourtemagne, le val de Moiry, pour créer de nouvelles colonies... Quelques-uns sont partis pour Château-d'Oex (Réserve de la Pierreuse) et même en France dans la région du col de Lautaret.

Conclusion: Pour conserver le Bouquetin, une protection absolue, jamais relâchée, est indispensable.

Aménagements hydro-électriques

Les conditions naturelles du Valais, hauteur de chute et débits disponibles, expliquent, au début du XX^e siècle déjà, le choix du Valais pour la construction d'usines hydro-électriques. Trois grandes entreprises, aluminium à Chippis, produits chimiques à Viège et Gampel, matières plastiques Ciba à Monthey, énormes consommatrices de courant électrique, s'installent en Valais et construisent de nombreuses usines au fil de l'eau. Mais le régime glaciaire des rivières valaisannes, si irrégulier, est défavorable. On construit alors des bassins d'accumulation, afin de stocker l'eau de fusion des glaciers, pendant l'été, qui fournira une énergie d'hiver si précieuse.

En 1946, F. Kuntschen, du Service fédéral des eaux, donne à Sion une conférence sur les forces hydrauliques du Valais. Parmi les possibilités d'accumulation il cite : la Grande Dixence, Mauvoisin, la Gougra, Zeuzier, le Simplon. Tous ces projets sont aujourd'hui réalisés. Leur influence a été et restera très grande : occasions de travail, pendant les travaux, développement plus grand des usines existantes ; Chippis recrute ses ouvriers sur un vaste secteur : des services d'autocars assurent la liaison avec 65 communes. Il reste encore nombre de projets à réaliser, dont celui d'Emosson, celui de Mattmark est en construction, celui de Gletsch. Dans une quinzaine d'années l'aménagement sera complet.

A signaler aussi l'heureuse influence des bassins d'accumulation qui fournissent les bénéfices importants des concessions et des redevances annuelles. Ces ressources permettent aux communes et à l'Etat d'exécuter des travaux comme des routes, des maisons d'école, des remaniements parcellaires, des installations d'eau potable et d'irrigation. Mentionnons encore la régularisation des débits du Rhône, ce qui diminue les risques d'inondation.

Au point de vue scientifique, les observations recueillies lors de ces travaux sont très nombreuses. La réalisation de la Grande Dixence correspond à l'état le plus avancé de la technique des captages hydro-électriques à une telle altitude, sans oublier les difficultés de faire vivre un tel nombre d'ouvriers à plus de 2000 m sur des pentes rocheuses si inhospitalières. Cette réalisation a fourni les résultats de tous les travaux préparatoires de recherches réalisés : études pétrographiques et tectoniques dans les hauts massifs alpins valaisans, recherches hydrologiques, glaciologiques, captages sous-glaciaires, etc. Des chercheurs voués à la science pure n'auraient probablement jamais pu, même au prix d'un travail considérable, beaucoup plus long, parvenir aux résultats que les moyens matériels, pratiquement illimités, de la recherche ont permis d'obtenir en dix ans.

Tourisme

Le tourisme offre un moyen de tirer parti de la nature dans le canton du Valais, admirablement doté en paysages grandioses et variés, dont certaines régions offrent un des climats les plus ensoleillés et les plus chauds de la zone alpine. C'est bien ce que demandent les citoyens de notre époque, perdus dans la masse, sans plus aucune de ces attaches traditionnelles qui donnent son vrai sens à la vie.

« Si les étrangers viennent chez nous ce n'est pas pour y trouver ce qu'ils ont chez eux. C'est pour connaître enfin le calme et l'apaisement, le vrai repos, au gré d'une reconquête lente de la nature oubliée ou reniée. Encore faut-il pour leur offrir ce bienfait, que nous ne nous soyons pas perdus nous-mêmes. » (Pierre Béguin).

Vers 1830-1840, s'ouvrirent les premiers hôtels, Gletsch-Zermatt. Un essor important n'a pu se développer qu'à la suite des chemins de fer dans les vallées, après le percement du tunnel du Simplon (1906), et sur-

tout après 1947 où la période des routes permit la circulation de l'automobile, moyen essentiel de déplacement. Les vallées d'Hérens, d'Anniérens, restées hors de l'évolution économique, voient de belles routes construites jusqu'à Zinal, Grimentz, Moiry, Arolla, menant aux chantiers des barrages.

Survient le tourisme d'hiver qui délivre la montagne de sa léthargie hivernale. Il amène la prolifération extraordinaire des moyens mécaniques de remontée, dans certaines stations à succès. Les moins importantes cherchent aussi à s'équiper, ou à se suréquiper, croyant que les moyens mécaniques de transport suffiront pour amener leur développement. De plus, on cherche à établir des téléphériques jusqu'au sommet des hautes montagnes, on voudrait même utiliser l'avion pour le transport des touristes. L'âme et le visage du Valais auraient certainement à en souffrir.

La Ligue suisse pour la protection de la nature a pris position contre ces projets en ces termes: Bon nombre de touristes suisses et étrangers réclament, pour leurs vacances et leurs heures de loisirs, des stations climatiques sans technique. Nous sommes convaincus – et l'Office national suisse du tourisme partage notre conviction – qu'il est indispensable, dans l'intérêt du tourisme, de veiller à ce que le nombre des régions sans téléphériques ne soit pas trop restreint.

Le Club alpin suisse qui a tant fait pour rendre la haute montagne accessible, grâce aux nombreuses cabanes qu'il a édifiées, a, lui aussi, pris position. Il n'est pas dans ses intentions de compromettre les actions de secours, d'empêcher les transports de personnes et de matériel en vue de travaux. Ce qu'il combat ce sont les atterrissages en montagne à des fins purement touristiques et commerciales, parce qu'ils troublent la paix des hauteurs et privent les amis de la montagne de refuges contre l'agitation de notre époque.

Agriculture

La surface improductive, 50% environ du territoire valaisan, oblige l'activité humaine à se concentrer sur la moitié seulement de la surface du canton. Les diverses productions agricoles se répartissent comme suit: dans le Haut-Valais et les vallées latérales domine l'économie non spécialisée: prairies, céréales, forêts; dans la plaine et les coteaux du Valais central: vigne, arboriculture, céréales; dans le Bas-Valais: élevage, céréales. Les difficultés proviennent de l'écoulement difficile en plaine, et d'une productivité insuffisante en montagne, par suite de la survivance de méthodes d'exploitations agricoles archaïques. Le plus gros inconvénient provient du morcellement des propriétés (17 parcelles par exploitation, en moyenne). Dans certaines communes on procède à des remaniements, ainsi à Ayer, Grimentz, Venthône, Hérérence, etc.

L'irrigation, si indispensable dans le Valais central, a fait des progrès. On adopte la méthode de l'aspersion qui donne de meilleurs résultats. Un projet très important est en exécution dans le val de Bagnes. Toute la rive droite de la vallée, dont les sommets sont peu élevés, donc privés

de glaciers, n'a plus d'eau, dès que la neige a disparu. Un bisse important avait été établi par les habitants du village du Levron, vers 1443. On a cédé les droits d'eau aux Forces motrices de Mauvoisin qui, en retour contribuèrent largement au financement d'un projet de bisse moderne, mis au point par l'ingénieur A. Maret. Il comprend un bassin d'accumulation à Louvie, à 2200 m, un tunnel de 3600 m, puis la traversée des alpages par des tuyaux en ciment, un deuxième tunnel sous la Pierre-à-Voir et enfin la répartition des eaux jusqu'au Mont-Chemin. Le coût total des travaux atteindra 7 millions de francs, avec les canaux de répartition environ 12 millions. On pourra donc inaugurer bientôt le plus remarquable ensemble d'irrigation et d'adduction d'eau potable réalisé en Suisse³.

Obtiendra-t-on les résultats désirés ? C'est-à-dire le maintien de la population en montagne ? Il est possible que les jeunes se détournent de la profession agricole, même si les conditions nouvelles leur permettent d'y gagner leur vie, parce qu'ils estiment qu'elle est salissante et astreignante, la vie en ville les attire.

Il me semble que les agriculteurs, en montagne spécialement, sont aujourd'hui à cheval sur deux civilisations, ou plutôt sur deux adaptations. Avant 1860, date du premier chemin de fer dans la vallée du Rhône, il ne pouvait y avoir que des relations restreintes avec l'extérieur. Il fallait se suffire à soi-même ; une part importante de la nourriture des hommes était fournie par les animaux domestiques, viande et produits laitiers. Il fallait donc procurer de l'herbe aux animaux, pour cela on a défriché certaines parties de forêts jusque dans des endroits difficilement accessibles, d'une déclivité très forte, montant jusque vers 2000 m. A notre époque, le rapport de ces terrains est si faible, leur exploitation si pénible, les besoins ont augmenté, il y a déséquilibre, on les abandonne ou on les vend aux alpages. On a d'autres ressources dans l'industrie, le commerce, l'administration ou les chantiers divers. Une adaptation nouvelle s'installe, la diminution de la population et de ses animaux domestiques est inéluctable, elle dépend des conditions de la nature alpine. L'important est qu'elle se maintienne dans de justes limites.

Influence de la transformation de l'économie sur le peuple valaisan

Cette influence se manifeste, en particulier, par un esprit de spéculation et de commercialisation qui pénètre plus ou moins jusque dans les villages de la montagne, et qui risque bien d'avoir une mauvaise influence sur la mentalité de la population, on en a des exemples dans les grandes stations. Parmi les signes de cette transformation matérielle et morale je citerai cette soif de promotion sociale qui se manifeste par l'augmentation des élèves dans les collèges de St-Maurice, Sion et Brigue, comme aussi par les nouvelles écoles professionnelles et secondaires de Sion, aménagées

³ Clément Bérard: «Bataille pour l'eau: 500 ans d'une lutte sans trêve ni merci», 219 pages, Imprimerie Pillet, Martigny.

pour recevoir un grand nombre d'élèves. Une nouvelle loi scolaire a été votée. Déjà nombre de communes ont demandé le prolongement de leurs écoles primaires.

Il n'y a pas très longtemps, on déplorait le manque d'ingénieurs et de techniciens en Valais. Les autorités ont fait des efforts pour permettre à tous les enfants bien doués de faire des études, même des études supérieures. Cet écrémage gymnasial et universitaire de toutes les capacités intellectuelles, s'il est poussé trop loin, pourrait nuire à l'agriculture en lui enlevant les éléments de progrès les plus capables. Une mise en garde, timide et nuancée, de J.-R. Schmid, professeur de pédagogie à l'Université de Berne, a été publiée et discutée dans une revue professionnelle de pédagogie ⁴.

Depuis une vingtaine d'années, la ville de Sion subit un développement très intense. De nombreux habitants des localités de la plaine comme Ardon, St-Léonard, Grône et même ceux des versants comme Nendaz, Vex, Savièse, Ayent viennent chaque jour à Sion pour y travailler, et les jeunes pour y étudier ou y faire des apprentissages. On se familiarise avec le confort des citadins et on veut aussi l'avoir dans les villages. On fait le saut dans le modernisme, sans avoir appris à se servir intelligemment de tous ces nouveaux objets; voici des exemples: Un jeune couple vient de construire une maison, la jeune femme qui, auparavant lavait son linge à genoux au bord du ruisseau, dispose d'une machine à laver semi-automatique: elle a sauté l'étape de la buanderie. Dans le beau frigidaire le lait aigrit plus vite que dans la vieille cave, parce qu'on ne sait pas comment l'entretenir.

Face à ces transformations du Valais, l'opinion publique adopte généralement deux attitudes extrêmes: l'enthousiasme débordant, ou le regret amer devant la disparition du vieux Valais, rustique et patriarcal. Je pense qu'il faut prendre une attitude intermédiaire, que certains endroits commercialisés par le grand tourisme sont sacrifiés; mais le Valais est vaste et divers, il reste encore beaucoup de territoires qui gardent tous leurs caractères. Les amis de la nature y trouveront toujours l'âme et le visage du pays qu'ils aiment, telles sont les vallées de Conches, Binn, Tourtemagne, Balschieder, Bitsch, Ijoli, les versants d'Erschmatt, Jeizinen, Zeneken, Törbel, Visperterminen. Je m'efforce de partager l'optimisme de Philippe Dubois dans un travail sur l'économie du Valais⁵: «Les Valaisans dit-il, sont trop conscients de leurs particularismes, trop attachés à leur terre, pour ne pas trouver, après quelques tâtonnements bien compréhensibles, un équilibre nouveau entre l'adoption de techniques modernes, qui élèvent le niveau matériel de la vie, et le respect de tout ce qui fait l'originalité de ce canton.»

⁴ *Georges Duplain*: «Du peuple des bergers au peuple des docteurs», Gazette de Lausanne, août 1963.

⁵ *Philippe Dubois*: «Le Valais: une économie à la recherche de son équilibre» dans: Le Globe, Bulletin et mémoires de la Société de géographie de Genève, tome centième, 1960.

Je souhaite vivement que la pensée de P. Valéry s'applique aux Valaisans: «La véritable tradition, dans les grandes choses, n'est pas de refaire ce que les autres ont fait, exactement comme ils l'ont fait, avec les mêmes méthodes, les mêmes instruments, mais de retrouver l'esprit qui a fait ces grandes choses, et qui en fera de toutes autres en d'autres temps.»

Des clichés ont été présentés et commentés par l'auteur: lampes en pierre, moule en serpentine pour fabriquer des boutons avec du plomb fondu, moulin pour le sel, grande passoire pour le lait, échelles taillées dans des troncs d'arbres, courroie en bois pour sonnette de vache, arosoirs en bois, collier en bois pour attacher les chèvres, vases en bois (gnalon, menon, menette) utilisés comme vaisselle, bahut sculpté, channes et gobelets en bois, pieux sculptés pour attacher les mulets des alpages d'Ayent, bâton à marques pour la distribution des eaux du bisse de Savièse, croix de Zermeigern, portant des objets de la Passion, chapelles rustiques de Mauvoisin, du lac Noir, éboulement du Rawil.

Aspects du Valais il y a cinq millénaires

Prof. MARC-R. SAUTER

Genève

Ce titre demande à être expliqué, précisé. «Il y a cinq millénaires...»: l'expression est à dessein vague. Placé au deuxième millénaire après J.-C., nous nous penchons sur le passé du pays où nous sommes, en précisant (le mot est juste à condition de le prendre dans la perspective géologique) que nous nous intéressons au troisième millénaire avant J.-C.; nous ne cherchons pas, pour l'instant, à être plus exigeant dans l'ordre de la chronologie absolue.

Le troisième millénaire avant J.-C. – soit entre 3000 et 2000 avant J.-C. – il n'est peut-être pas sans utilité de rappeler que c'est la grande époque des civilisations de la Méditerranée orientale et du Proche-Orient, disons du Croissant fertile. Ayant dépassé le stade du Néolithique et armées du bronze, les cités de Sumer connaissent leur splendeur et l'Égypte des premières dynasties établit son système politique et ses monuments: les grandes pyramides. En Europe orientale les agriculteurs et pasteurs néolithiques, héritiers d'une longue tradition issue des sources proche-orientales, développent des cultures régionales d'où le métal est encore absent, mais où les arts décoratifs, surtout dans le domaine de la céramique, manifestent un haut degré de technique et de goût. En Europe occidentale, la civilisation néolithique venue probablement par les îles et les rives de la Méditerranée, et plus éloignée des sources, a des aspects plus modestes. Il est bon de réaliser, par ce raccourci sans nuance, qu'au 3^e millénaire, c'était l'Europe, et plus particulièrement l'Europe occidentale, qui faisait figure de pays en voie de développement, par rapport aux grandes nations florissantes de l'Orient.

Ce préambule doit montrer encore autre chose, qui précise encore notre titre: c'est que nous envisageons essentiellement le Valais du 3^e millénaire avant notre ère sur le plan humain; c'est à la préhistoire, à la géographie humaine, à l'anthropologie que nous avons recours pour essayer de faire revivre, à ce moment de son passé, le Vieux-Pays.

Une remarque liminaire encore: on pourra se demander quelles raisons ont fait choisir cette période plutôt qu'une autre. La réponse est double: dans l'état actuel de nos connaissances, c'est au cours de ce millénaire que l'homme, pour la première fois, s'est établi dans la haute vallée du Rhône; et cette première raison explique que nous ayons organisé un programme de recherches sur cette première colonisation, et que, très brièvement, nous donnions les principaux résultats de celles-ci.

En termes plus précis, nous avons à parler des hommes néolithiques du 3^e millénaire avant J.-C. en Valais. Avant de tenter cette résurrection, il faut tracer en quelques mots le cadre naturel auquel ces premiers colons ont eu à s'adapter pour le dominer.

Il serait ridicule de vouloir rappeler ici la structure du Valais, sa géographie. Il faut pourtant souligner quelques-uns des traits de cette structure. C'est d'abord le contraste entre le haut relief et la plaine du Rhône. Haut relief inhospitalier et peu propice à la circulation humaine, sauf par les vallées affluentes du Rhône amenant à des cols, dont on peut penser que plusieurs d'entre eux ont vu passer les Néolithiques: c'est le cas certainement du Grand-Saint-Bernard. Plaine alluviale d'un Rhône au cours instable, zone marécageuse, encombrée des cônes d'alluvions des torrents perpendiculaires et alternés, plaine que seules les dernières générations ont su transformer en un sol à peu près stable où le fleuve endigué ne gêne plus qu'occasionnellement la culture et le trafic. C'est ensuite l'orientation générale du Valais dans ses deux tiers centraux et orientaux, où les pentes nord, bien exposées, ainsi qu'en témoigne le vignoble, n'ont cessé d'inciter l'homme à s'y installer dans la zone inférieure, attirante d'autant plus que la plaine était inhabitable. Dans le Bas-Valais (le Chablais rhodanien) orienté SE-NW, l'opposition entre ces deux flancs de la vallée est moins marquée, ce qui, joint au fait que la rive gauche, du Bouveret à St-Maurice, est aussi ouverte à la circulation que le flanc droit de la vallée, aide à comprendre la présence de sites préhistoriques et proto-historiques en aval de Monthey.

Les conditions de relief, de terrain, dont nous avons rappelé les traits utiles à la compréhension du premier peuplement humain, ne présentent pas de différence notable entre le Néolithique et notre XX^e siècle, à part la domestication du Rhône; il n'en va pas de même du milieu vivant.

En ce qui concerne l'histoire de la végétation en Valais, nous sommes redevables aux paléobotanistes de renseignements de tout intérêt. Nous pensons plus particulièrement au professeur Welten, de Berne, qui, en collaboration étroite avec l'Institut de Physique de l'Université de Berne et son laboratoire du Carbone 14 (Dr H. Oeschger), a pu dresser des graphiques révélateurs des fluctuations de la couverture végétale aux divers étages du relief valaisan. Il est regrettable que l'examen des échantillons prélevés dans les coupes ouvertes dans les sites néolithiques que nous avons explorés à St-Léonard et à Rarogne n'ait pas fourni de pollens. Si cette constatation décevante renseigne pourtant sur la constance des conditions climatiques de la vallée du Rhône, conditions néfastes à la conservation du pollen, elle fait cependant regretter de n'avoir pas à disposition des diagrammes polliniques à mettre en relation stratigraphique exacte avec les faits archéologiques, donc humains.

Selon M. Welten, le repeuplement forestier du Valais, à l'époque récente de l'Atlantique, soit vers 4000 avant J.-C., est déjà en pleine progression, sauf dans le Haut-Valais, où les derniers soubresauts des glaciers, et surtout de celui d'Aletsch, ne se seraient arrêtés qu'à ce moment. Ce peuplement aurait été surtout le fait du Pin sylvestre, mais aussi de l'Arole.

A l'étage subalpin, vers 1400 à 1700 m, plus humide, se forment les premières forêts de sapins, plus exactement d'*Abies*. Cette évolution se poursuit lentement au cours du 4^e et au début du 3^e millénaire. La chênaie mixte apparaît discrètement, sans faire concurrence au Pin. Les quelques restes de glands, seuls vestiges végétaux que nous ayons trouvés dans la couche néolithique des stations de St-Léonard et de Rarogne, montrent que sur les collines sèches qui dominent immédiatement la plaine du Rhône, le chêne devait, tout comme aujourd'hui, s'être installé.

C'est donc un paysage végétal peu différent de l'actuel que les premiers hommes qui ont pénétré dans la vallée du Rhône en amont du Léman ont eu à connaître. Ces hommes, qu'en savons-nous ? Par quels vestiges se manifeste leur occupation du territoire ? Peut-on préciser mieux le moment de leur installation ? Et d'où sont-ils venus ? Les questions se pressent, auxquelles il faut tenter de répondre.

Les documents qui nous permettent de proposer au moins les éléments d'une réponse sont au nombre de trois : 1^o les trouvailles d'objets isolés datables par leur typologie ; 2^o les stations d'habitations qu'il a été possible de repérer et de fouiller en tout ou en partie ; enfin 3^o les cimetières et les sépultures isolées.

Jusqu'en 1947 on ne disposait guère, pour l'époque et pour la région considérées, que de quelques objets isolés – haches polies, silex travaillés – qui, privés de tout contexte stratigraphique et archéologique, pouvaient simplement témoigner de la probabilité d'une colonisation du Valais (probabilité, car les haches en pierre polie et les silex ont continué à être utilisés au moins jusqu'au début de l'âge du Bronze ancien). Toutefois on connaissait aussi, depuis la fin du XIX^e siècle et le tout début du XX^e, un certain nombre de sépultures trouvées par hasard et fouillées sans soin, aux deux extrémités de la vallée : à Glis près Brigue d'abord, puis à Collombey près Monthey. Ces vestiges constituaient des indices beaucoup plus sûrs ; malheureusement les tombes explorées ou bien fournissaient, comme à Glis, un mobilier funéraire qui posait plus de questions qu'il n'en résolvait, ou bien se révélaient, comme à Collombey, pratiquement stériles. Seuls les squelettes, plus ou moins bien conservés, offraient à la curiosité de l'anthropologiste quelques renseignements utiles au sujet du type physique de la population valaisanne néolithique.

Les circonstances favorables ont, dès 1947, donné au Néolithique valaisan un intérêt renouvelé. Cette année-là en effet, grâce à l'initiative de M. Bernard de Lavallaz, alors président de la commune de Collombey-Muraz, l'emplacement du cimetière de Collombey put être identifié et nous avons pu y conduire une série de fouilles systématiques jusqu'en 1955. Le hasard ajoutait à cela la découverte de tombes contemporaines en plusieurs points de la vallée, près de Sion et à Bitsch. En 1956, M. Georg Wolf, de Sion, découvrait à Saint-Léonard la première station d'habitation néolithique du Valais, permettant une exploration minutieuse sur plusieurs années (1957 à 1959 ; 1962). Enfin en 1960 et 1961 une prospection raisonnée du Heidnisch Bühl sur Rarogne nous mettait à même d'identifier et de fouiller partiellement une autre station du même genre. Ajoutons

qu'en 1961 des travaux de canalisation à Sion même mettaient au jour les deux premières tombes – l'une mégalithique – dont nous avons confié l'examen à M. Bocksberger qui, en 1962 et en ce moment même, a élargi l'exploration de ce qui se révèle être un cimetière de la période de transition entre la fin du Néolithique et du début de l'âge du Bronze (civilisation de la céramique campaniforme) où sont réemployées comme dalles plusieurs stèles anthropomorphes gravées, d'un type inconnu jusqu'ici en Suisse et assez loin aux alentours. Nous ne faisons que mentionner cette découverte, qui, datant des environs du 19^e siècle avant J.-C., déborde le cadre que nous nous sommes fixé ici; il valait cependant la peine d'y faire allusion, à cause de son très grand intérêt.

Les recherches dont nous avons parlé, et qui ne sont pas terminées, ont été permises par l'aide financière et morale de l'Etat du Valais, qui a, en plus d'une occasion, prouvé sa compréhension à l'égard de l'exploration du plus vieux passé de son sol, ainsi que des communes de Collombey-Muraz, de Monthey, de Sion, de St-Léonard et de Rarogne, enfin et surtout du Fonds national suisse de la Recherche scientifique. Ce nous est l'occasion ici d'exprimer publiquement à toutes ces instances notre très vive reconnaissance.

Reprenons maintenant les divers documents que nous avons énumérés, pour en tirer l'essentiel de ce qu'ils peuvent nous apprendre. Laissant de côté les objets isolés, nous nous arrêterons d'abord aux stations d'habitation. Si elles ne sont pour le moment qu'au nombre de deux (St-Léonard et Rarogne), elles sont riches en résultats, d'une part, et d'autre part elles laissent espérer d'autres découvertes ailleurs. Elles offrent une situation topographique digne d'être soulignée. En effet, dans l'un et l'autre cas on se trouve en présence d'établissements humains juchés sur une de ces collines rocheuses bien connues des naturalistes par leur flore et leur faune particulières, collines dominant la plaine alluviale rhodanienne et placées près de l'intersection du fleuve avec un affluent torrentiel (la Liène-Rière à St-Léonard, la Bietsch à Rarogne), qui par sa nature même constitue une sorte de frontière; celle-ci est patente à St-Léonard, puisque la Liène sépare les districts de Sion et de Sierre, après avoir délimité des possessions seigneuriales et donné lieu à un péage épiscopal. L'histoire vient confirmer la valeur de ces positions pour la paix et pour la guerre, puisque à St-Léonard la colline de «Sur le Grand-Pré» où se trouve la station néolithique a livré aussi des vestiges du Bronze ancien, moyen et récent, de plusieurs moments de l'âge du Fer et de l'époque romaine, et que, outre les fragments d'une inscription de cette dernière époque, trouvée par M. Bocksberger plus haut que la station néolithique, et témoignant d'une dédicace à la Victoire, l'histoire connaît deux batailles de St-Léonard, l'une en 1375, l'autre en 1840. Quant à Rarogne, où la constance de l'habitat à partir du Néolithique est aussi assez grande, on connaît le rôle que ce lieu a joué au Moyen Age. Il n'est pas sans intérêt de signaler deux autres cas de situations analogues. Le premier est celui de la Massa, qui se jette dans le Rhône à la sortie de la vallée de Conches, et qui encadre une hauteur non encore explorée au-dessous de Bietsch; or, nous avons

découvert deux tombes néolithiques près de ce village; le second cas, plus important, est celui de Sion. La Sionne sortant de ses gorges passe au pied de la double colline de Tourbillon et de Valère; certes, on n'a pas encore de preuve absolue d'une occupation néolithique de ces hauteurs (où des fouilles sont bien difficiles, sinon impossibles), mais comme dès le Bronze ancien en tout cas on y a trouvé des témoins archéologiques, la présomption existe au moins. On pourrait encore citer les tombes néolithiques perchées sur le Montorge, massif encadré par la Morge.

Ces quelques considérations de géographie humaine préhistorique ne doivent évidemment pas avoir une valeur absolue, tant qu'on n'a pas cherché ailleurs et dans d'autres conditions topographiques des restes d'habitations néolithiques (on peut toutefois dire qu'à St-Léonard une deuxième station a été repérée au niveau et à proximité immédiate du village). Elles nous permettent pourtant de nous représenter les premiers groupes pénétrant dans la vallée du Rhône, obligés pour éviter la plaine marécageuse et les débordements des torrents qui l'alimentent, pour éviter aussi (nous en avons fait l'expérience à Rarogne) la plaie des moustiques, de rechercher les hauteurs balayées par le vent dominant d'aval, qui joignent à l'avantage d'être élevées celui de ne pas être difficiles d'accès et pourtant d'être aisément défendables en cas de nécessité.

Nous voudrions pouvoir donner maintenant une description un peu complète des habitations dont nous avons mis au jour les vestiges. Malheureusement ce qui reste de ces stations ne le permet pas et oblige à un gros effort d'imagination. Ce qui est sûr, à St-Léonard, c'est que, dans une longue ensellure des bancs de quartzite, culminant à 598 m, à 100 m au-dessus de la plaine orientée NE-SW, soit dans le sens de la vallée, donc du vent, les Néolithiques avaient creusé dans la couche de loess holocène compact déposé sur un fin gravier morainique un complexe de fosses et de banquettes souvent entremêlées. L'absence de trous de poteaux – éléments qu'on trouve ordinairement dans les stations à fosses, par exemple dans les civilisations néolithiques danubiennes – pose un problème, en ce sens qu'on peut se demander si les fosses faisaient vraiment partie de huttes, ou si ces dernières étaient établies ailleurs, les fosses ayant alors une autre signification (silos par exemple). L'étroitesse de l'ensellure rocheuse, qui ne dépasse pas 5 m de large, peut provisoirement expliquer cette absence: les poutres soutenant le faite auraient pu être simplement posées sur des affleurements horizontaux au rocher, les pans des toits pouvant s'appuyer sur les ressauts de celui-ci. La partie du hameau que nous avons pu explorer, après que l'exploitation d'une carrière de quartzite en ait détruit probablement au moins autant, représente une quarantaine de mètres. Nous n'avons pas reconnu la moindre trace de construction annexe: palissade par exemple. S'il y avait une protection contre le vent – et nous savons pour avoir vécu en tout plus de quatre mois sur la colline qu'une telle protection est désirable – elle n'a pas laissé de trace; de toute façon, le vent a dû s'infiltrer partout, accumulant dans les huttes des dépôts fins que les habitants ont contribué à tasser en l'enrichissant de matières organiques et qui a formé une couche

brune compacte, parfois interrompue partiellement par des lits de loess ou de fin gravier remaniés.

A Rarogne, la fouille systématique de quelque 100 m² d'un replat herbeux situé juste au-dessous du sommet du Heidnisch Bühl (Heidnischbiel), qui culmine à 773 m, dominant le Rhône de 130 m, et lui aussi battu par le vent d'aval, a révélé l'existence d'une station néolithique dont la couche qui en contenait les restes avait malheureusement été en bonne partie détruite par des gens de l'âge du Bronze. Bien plus ceux-ci s'étaient établis sur le même emplacement, plantant les poutres maîtresses de leurs maisons, dont les traces se trouvent mêlées à celles des trous de poteaux néolithiques, rendant presque impossible la mise en évidence du plan des cabanes; on peut toutefois affirmer que là les Néolithiques avaient édifié de vraies constructions en forestage. De plus, on y retrouve, mieux individualisées qu'à St-Léonard, des fosses creusées elles aussi dans le loess et dont quelques-unes ont jusqu'à 1,20 m de profondeur; certaines d'entre elles ne contenaient rien que de la cendre et quelques cailloux, tandis que d'autres, tout comme à St-Léonard, ont livré des accumulations de pierres parmi lesquelles il y avait des polissoirs et des meules, ou des objets (céramique, outils en pierre dure, en silex ou en os). Nous avons parlé, pour St-Léonard, de silos; encore faut-il préciser que malgré la minutie avec laquelle on a examiné le contenu des fosses dans les deux stations,

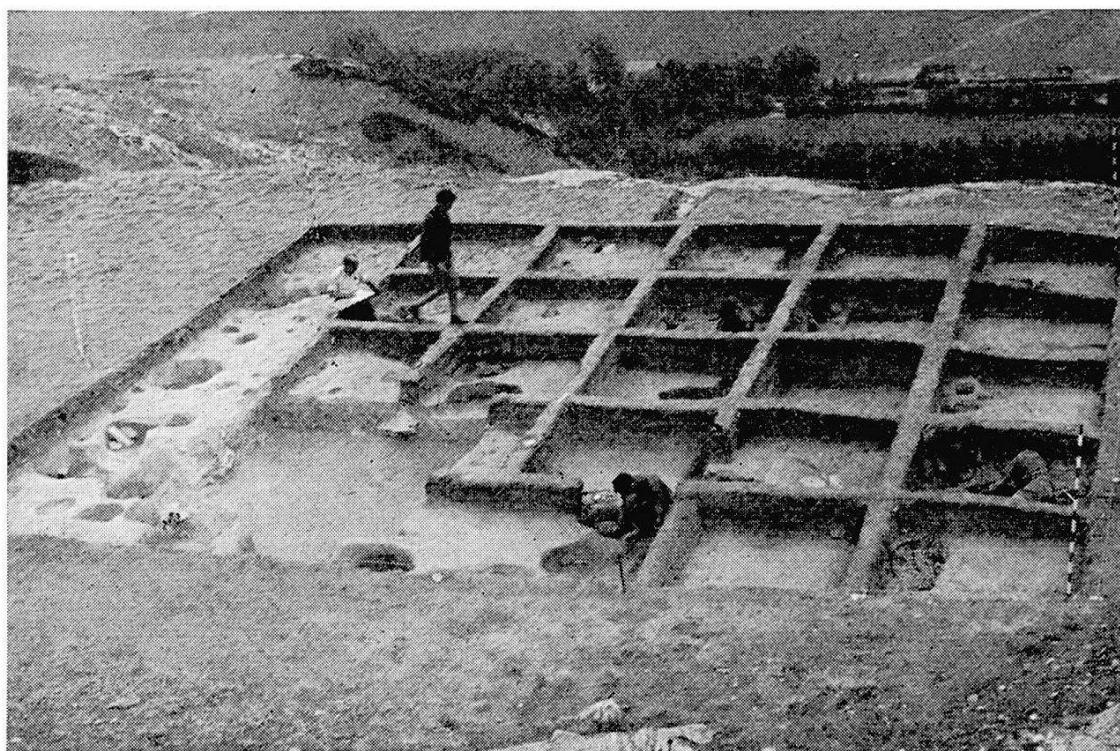


Fig. 1

Rarogne Heidnisch Bühl Le chantier

On distingue quelques fosses et trous de poteaux.

Au fond la plaine du Rhône.

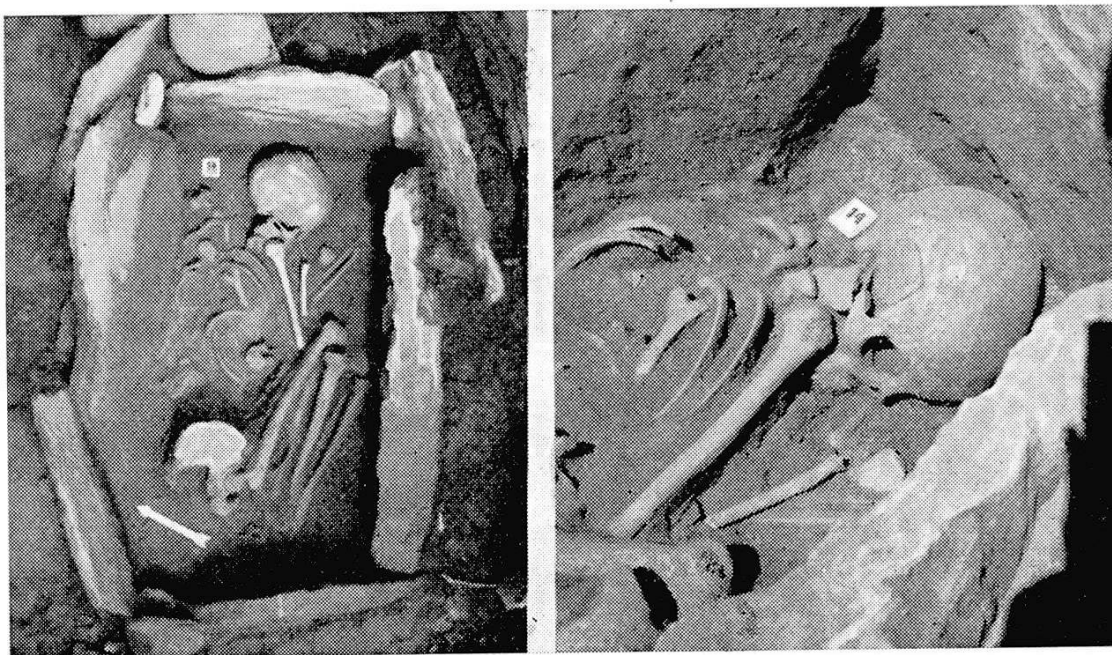


Fig. 2
Collombey-Muraz Barmaz II Tombe 14

Squelette féminin à trépanation de la région orbitaire droite.

il n'a pas été possible de déceler le moindre grain de céréale, les seuls débris végétaux trouvés étant 2 ou 3 glands et, à Rarogne, de l'écorce (peut-être de pin). On voit que l'interprétation de ces structures d'habitation est loin d'être aisée (fig. 1).

La couche néolithique de St-Léonard – et, plus pauvrement, celle du Heidnisch Bühl – nous donne l'image d'une population plutôt paisible, adonnée essentiellement à l'élevage (du petit bétail surtout, chèvre, mouton et porc) et à l'agriculture, à en croire quelques rares silex ayant fait partie de faucilles et les meules nombreuses. La chasse (au cerf, au chevreuil, à l'ours), activité secondaire, explique la présence d'une série de pointes de flèches en silex, en pierre verte, en quartz et en os. La pêche fournissait un appoint. Nous venons de parler de quartz : c'est là une constatation digne d'intérêt. Certes dans un très grand nombre de stations paléomésolithiques et néolithiques on trouve quelques outils en cristal de roche. C'est le cas aussi au Heidnisch Bühl. Mais à St-Léonard on est en présence d'une véritable industrie du cristal de roche, dont témoigne une accumulation d'éclats et même de cristaux à peine entamés, où la technique de débitage se déchiffre facilement ; la proportion de pièces finies (lamelles, pointes de flèches) par rapport aux déchets est faible. La matière première devait se trouver sans peine, soit à sa source dans les montagnes, soit plus vraisemblablement dans la moraine. La rareté du silex qui était importé (non seulement à l'état de pièces finies mais aussi sous forme de rognons, à en croire un nucléus prismatique), explique qu'on ait eu recours à des succédanés : nous avons fait allusion à des

pointes de flèches en os et en pierre verte; celles de cristal de roche, chefs-d'œuvre d'habileté technique, sont un témoignage supplémentaire de cette adaptation aux conditions locales (fig. 3).

La céramique forme la grande masse des trouvailles. Elle démontre une bonne maîtrise de la technique par sa pâte solide bien cuite, son engobe bien lustrée, ses formes simples, son décor varié. Le tissage n'est attesté que par quelques fusaïoles.

Avant de pénétrer plus avant dans cette civilisation matérielle quotidienne des premiers colons du Valais, nous devons faire appel au second type de documentation important dont nous disposons: les sépultures. Les cimetières de Barmaz I et II sur Collombey et celui de Glis, les tombes en quelques exemplaires de Sion-Montorge, de Granges peut-être, et de Bitsch étendent à la plus grande partie de la vallée du Rhône la preuve de l'occupation néolithique. Il s'agit soit de petits groupes de sépultures, soit de vraies nécropoles. De ces dernières celle de Barmaz est installée dans la terre rouge dont Jayet a vérifié la formation holocène. Elle est double: Barmaz I, en partie détruit avant 1914, mais dont nous avons pu mettre au jour quelque 37 tombes, et Barmaz II, qui en est éloigné de 250 m, et qui a livré une vingtaine de sépultures. Celles-ci se présentent, sauf dans trois cas à Barmaz I, où le squelette replié se trouvait en pleine terre, sous la forme de cistes en dalles de pierre (schiste ou calcaire) prises aux alentours; ces caissons dont la longueur intérieure est en moyenne, pour les tombes d'adultes, de 0,90 m (variation: 0,78-1,08 m), ont reçu un corps auquel on avait donné la position plus ou moins repliée, très probablement en le ligotant ou en l'enfermant dans un sac, avant de sceller la tombe d'une ou de plusieurs dalles de couverture. L'orientation de la très grande majorité de ces cistes est assez constante: l'axe longitudinal oscille, la position de la tête étant considérée, le plus souvent entre le 40° NE et 140° SE. Il y a quelques cas très aberrants, assez aisément explicables à Barmaz par le fait que le cimetière a été établi sur un petit cône d'éboulis irrégulier au pied d'une paroi rocheuse, et entre des blocs de granit de la moraine du retrait würmien émergeant de la terre rouge; à Barmaz II deux tombes sont perpendiculaires aux autres, sans que nous puissions en trouver la raison dans le terrain. (Fig. 2.)

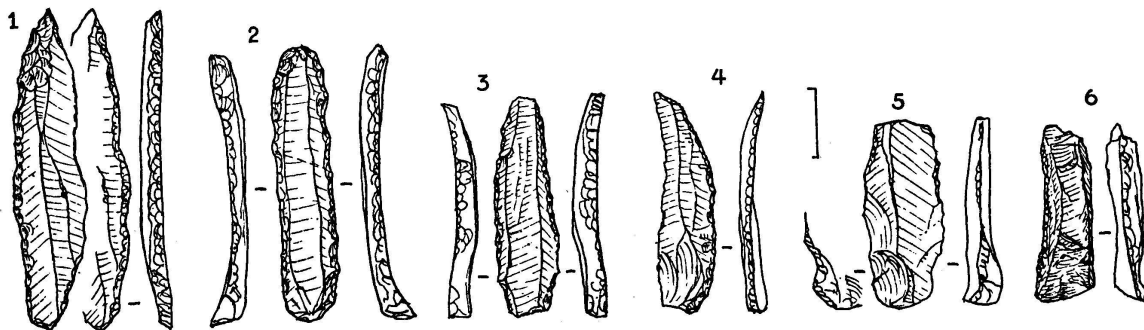


Fig. 3 St-Léonard I
Lames en cristal de roche, retouchées. Ech.: 2:3.

Alors qu'à Glis plusieurs sépultures avaient reçu, à côté du cadavre, un mobilier funéraire modeste mais appréciable, dont une belle hache en silex taillé et une parure faite de plus de 140 boutons en pierre, lenticulaires, à perforation en V, les Néolithiques de Collombey n'avaient quasiment rien donné à leurs morts qui ait résisté à la destruction : à Barmaz I quelques lames de silex de belle qualité et plus ou moins taillé et dans une tombe d'enfant une perle cylindrique en pierre ; à Barmaz II ce sont de nouveau deux enfants dont la dépouille a été nantie d'un instrument de silex : une pointe de lance, une lame de faucille. Cependant, dans plusieurs tombes de ce second cimetière nous avons constaté, dans la terre de remplissage, la présence d'un petit os ou d'une dent d'animal (Ovicapridé surtout) et d'un misérable tesson de céramique ; s'agit-il d'une offrande symbolique autant qu'économique, ces débris remplaçant la nourriture solide et liquide ? Par bonheur la terre rouge entourant les cistes a livré quelques objets qui complètent utilement ces pauvres vestiges. Ils permettent de penser avec une grande vraisemblance que les cimetières appartiennent au groupe culturel qui se manifeste à St-Léonard et à Rarogne.

Ce groupe culturel, quel est-il ? Nous devons, avant de répondre à cette question, rappeler que nos recherches sont en cours, et que les études comparatives n'ont pas encore été faites complètement. Ceci dit, indiquons un premier résultat quelque peu ambigu : d'une part la civilisation matérielle (et c'est surtout la céramique, l'élément le plus sensible) de nos Néolithiques valaisans s'inscrit dans un ensemble culturel bien connu de l'Europe occidentale, et désigné par le triple vocable de Cortaillod-Chassey-Lagozza, ce qui traduit son extension suisse, française et italienne, en même temps que ses variations ; d'autre part elle présente plus d'un trait original qui obligera peut-être à en faire un groupe régional particulier. Du fond commun de la civilisation mentionnée, notre Néolithique valaisan a les formes de vases à fond rond ou, plus rarement, plat à profil mou, au bord à lèvre simple, jarres, bols, plats, etc. ; gobelets carénés ; les mamelons simples ou multiples, perforés ou non, et, s'ils sont perforés, horizontalement ou à la verticale ; les bourrelets multiperforés. Si l'on cherche à préciser son appartenance à l'un des trois grands groupes énumérés tout à l'heure, on se trouve un peu embarrassé : en effet si l'on peut estimer que c'est avec Cortaillod que le groupe valaisan a relativement le moins d'affinités, il est plus difficile de se prononcer nettement entre Chassey – c'est-à-dire le faciès français – et le faciès italien de Lagozza : au premier se rattacheraient des tessons assez nombreux à décor quadrillé parfois gravé à cuit, au second les rares fusaïoles très aplaties. La présence à St-Léonard de deux fragments de coquillages méditerranéens – un Triton, *Charonia nodifera* – dont l'un porte des traces d'un travail de sciage et de perforation qui prouvent son emploi comme parure, ne nous aide guère à préciser : certes il est semblable aux pendeloques des tombes contemporaines de Chamblandes (Pully, Vaud), et on connaît plus d'intermédiaires entre ceux-ci et la Méditerranée par la vallée du Rhône que par l'Italie du Nord ; mais l'argument est trop peu consistant pour

faire autre chose que renforcer l'impression d'une relation un peu plus nette avec le Chasséen qu'avec le groupe de Lagozza. Il montre en tout cas des liens commerciaux qui existaient à cette époque entre le Valais et la Méditerranée occidentale. Ce qui est plus significatif, c'est la présence, sur le versant italien des Alpes, dans le val d'Aoste surtout, de sépultures en cistes à squelettes repliés tout à fait semblables à celles du Valais et des bords du Léman.

La partie originale de la civilisation néolithique observée à St-Léonard et à Rarogne réside dans certaines variétés de formes céramiques – plats à large bord, jarres et vases à épaule nettement indiquée – et surtout dans l'emploi de plusieurs types de décors inconnus ailleurs : registres de traits gravés ou de cannelures profondes parfois peintes en rouge, enfoncements en cupules plus ou moins profondes, bourrelets verticaux, etc. Il y a donc bien un faciès valaisan de la civilisation néolithique de Cortaillod-Chassey-Lagozza, qui préfigure les aspects originaux que le Valais présentera à plusieurs moments de sa protohistoire (la *Rhonekultur* du Bronze ancien, les «bracelets valaisans» par lesquels se distinguaient les tribus celtiques du Haut-Rhône au moment de la première occupation romaine), pour ne pas parler de son histoire.

Il se pose encore, à propos de cet aspect culturel, une question importante : celle de la chronologie. Si l'on admet que la civilisation de Cortaillod-Chassey-Lagozza occupe une bonne partie du 3^e millénaire avant J.-C., on peut se demander à quel moment se situe le groupe valaisan. Cela soulève une autre question, d'un ordre plus général parce que méthodologique : celle de l'utilisation et de la validité des datations au Carbone 14. En effet on dispose pour la Suisse, pour le 3^e millénaire, de plusieurs points de repère établis à l'aide de cette méthode. C'est ainsi que la date (peu précise de toute façon puisqu'elle est le résultat d'une moyenne calculée sur plusieurs mesures effectuées sur plusieurs échantillons, mesures assez variables) donnée par H. Levi et H. Tauber pour la station d'Egolzwil 3, dont il est reconnu qu'elle appartient à la première étape du peuplement néolithique sur le Plateau suisse, et que E. Vogt qualifie de civilisation d'Egolzwil après en avoir fait du Cortaillod ancien, était de 2740 ± 90 . Or, il semble bien qu'en tenant compte de l'«effet de Süss» il convienne de reculer cette date ; Müller-Beck propose 2950 ± 90 , ce qui cadre mieux avec les dates obtenues pour les groupes culturels du Néolithique ancien d'Allemagne et d'Europe centrale qui interfèrent avec cette civilisation d'Egolzwil. Cette date pourrait constituer un *terminus post quem* pour le début de la civilisation de Cortaillod.

Pour la station lacustre bernoise de Burgäschi-Sud, qu'on peut attribuer à un stade relativement avancé de cette même civilisation, le même Müller-Beck, à partir des dates au C14 fournies par le Laboratoire du Carbone 14 de l'Institut de Physique de l'Université de Berne, avance une date moyenne de 2675 ± 140 ; cela vieillit très nettement la civilisation de Cortaillod par rapport à ce qu'on avait estimé sur la base de recoupements archéologiques. Or le même laboratoire a bien voulu soumettre à l'analyse un échantillon de terre charbonneuse d'un foyer de la couche néolithique

de St-Léonard, et a trouvé une date de 2800 ± 100 avant J.-C. Ce résultat unique ne doit pas être considéré comme définitif (parmi les échantillons de Burgäschi-Sud l'un donne aussi cette date, et d'autres une date plus ancienne encore); il n'est pourtant pas sans signification, puisqu'il inscrit provisoirement St-Léonard, donc le groupe néolithique valaisan, dans le cadre tracé par la moyenne d'Egolzwil 3 et par celle de Burgäschi-Sud. Reste à savoir le degré de crédibilité qu'il faut accorder aux données obtenues par la mesure du radiocarbone; on sait que cette question fait depuis plusieurs années l'objet d'une discussion nourrie entre préhistoriens. Il faut reconnaître qu'en ce qui concerne le Valais, et dans l'état actuel de nos connaissances encore bien fragmentaires, bien sûr, on a quelque peine à imaginer ce qui a pu se passer entre 2800 et la fin du premier tiers du 2^e millénaire, moment où furent édifiées les sépultures mégalithiques de Sion. Il n'est pas indiqué de discuter ici de ce problème de chronologie, qu'il nous suffit d'avoir soulevé; cette incertitude montre de toute façon la nécessité d'une part de nouvelles mesures au C14 d'échantillons des stations valaisannes, d'autre part de nouvelles recherches pour combler, s'il y a lieu, la grande lacune du Néolithique moyen et récent en Valais.

Un dernier aspect de notre sujet mérite qu'on en parle brièvement: après avoir tracé le cadre naturel puis les faits de civilisation du Néolithique valaisan, il est temps de laisser la place à l'anthropologiste; car ce milieu, ce sont des hommes qui l'ont affronté et colonisé, et cette civilisation est le fait d'hommes. Quels étaient-ils, ces hommes du 3^e millénaire en terre valaisanne? Les fouilles anciennes et surtout nos fouilles à Collombey et ailleurs ont permis de rassembler une série assez importante de squelettes, dont la publication des caractères anthropologiques est en préparation. Il peut être intéressant de mentionner à leur propos une réserve qu'amène à faire la double série de Collombey (Barmaz I et II): leur étude nous a donné l'impression qu'elle représente un groupe familial, un isolat, et que, par conséquent, il ne faudrait pas appliquer à l'ensemble de la région en cause les résultats obtenus sur elle. Toutefois, cette restriction concerne surtout les caractères de détail, et non la diagnose raciale très générale que nous donnons ici. En effet l'examen de nos Néolithiques valaisans, confirmé par ce qu'enseignent des séries voisines, comme par exemple celle de Chamblandes près Lausanne, montre qu'on a affaire à un groupe humain appartenant dans sa grande majorité à la race méditerranéenne dans son expression la plus classique, la variété dite gracile. Petits (les sujets masculins de Collombey ont en moyenne une taille de 1,55 m ou 1,58 m selon la formule de reconstitution), les membres tout à la fois grêles et musclés, ces hommes avaient un crâne surtout dolichocéphale (indice moyen des hommes environ 72, des femmes environ 73), moyennement haut, orthocrâne, la face aux proportions variables.

Il vaut la peine de souligner le contraste qui existe entre cette population néolithique méditerranéenne et les Valaisans des ossuaires médiévaux tels que les a étudiés Pittard, brachycéphales à hyperbrachycéphales, aux os massifs, à la stature moyenne à grande.

Les squelettes nous permettent d'autres constatations qu'anthropologiques: la paléodémographie en tire les moyens d'estimer les composantes de la population. A Collombey quelque 35 % des inhumés sont des enfants de tous âges. Et la paléopathologie y trouve à se documenter, puisque, à part la présence – peu fréquente du reste – de la carie dentaire, elle retient l'existence, sur une jeune femme de Barmaz II (fig. 2), d'une trépanation sur l'os frais, c'est-à-dire avant ou juste après la mort, de la région orbitaire droite, trépanation qui a exigé une très grande maîtrise dans le maniement du silex dont les vibrations se voient sur le bord intra-orbitaire. Si l'opération a eu lieu avant la mort, la patiente n'y a pas survécu; de quelle lésion ou de quelle maladie voulait-on la guérir? De toute façon ce document très exceptionnel – car les trépanations néolithiques intéressent presque toujours la voûte crânienne – ajoute un autre sujet à notre admiration pour le savoir-faire de ce petit peuple néolithique du Valais d'il y a plus de 45 siècles.

Ce peuple était sous-développé, pour reprendre l'expression employée au début de cet exposé, tout comme l'était l'Europe occidentale à cette époque où les bienfaits de la civilisation diffusaient lentement à partir de la Méditerranée orientale; mais ce peuple était intelligent, habile, et il a su, lui le premier, se risquer dans la grande vallée sauvage, y creuser les fosses de ses maisons et planter leurs poutres, cultiver les premières céréales et mener les premiers troupeaux, enterrer les premiers morts, bref introduire dans le Valais la première civilisation. Ne valait-il pas la peine de parler de ce peuple pour en rappeler les mérites?

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. FREY H. Die Felsensteppe. Inaugural-Diss. Zürich 1934.
2. Die jüngere Steinzeit der Schweiz. Repertorium der Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, Heft 1, Zürich, 1955. – Le Néolithique de la Suisse. Répertoire de préhistoire et d'archéologie de la Suisse, cahier 1, Bâle, 1958.
3. MÜLLER-BECK H., OESCHGER H., SCHWARTZ U. Zur Altersbestimmung der Station Seeberg/Burgäsch-Süd. (H. MÜLLER-BECK. 2. Das Problem der absoluten Datierung, p. 279–281). Jahrb. d. Bern. Hist. Mus., 37. und 38. Jahrg. 1957 und 1958 (Berne 1959), p. 272–281.
4. SAUTER, M.-R. Préhistoire du Valais des origines aux temps mérovingiens. Vallesia, 5, 1950, p. 1–165. – Id. Premier supplément à l'inventaire archéologique. (1950–1954) Ibid., 10, 1955, p. 1–38. – Id. Deuxième supplément... (1955–1959). Ibid., 15, 1960, p. 241–296. (Bibliographie).
5. Id. Fouilles dans le Valais néolithique: Saint-Léonard et Rarogne. Ur-Schweiz – La Suisse primit., 27, 1, 1963, p. 1–10.
6. WELTEN, M. Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner Alpen und Voralpen und des Walliser Haupttales (Mit C14-Bestimmungen). Verhandl. der 4. Int. Tagung d. Quartärbotaniker in d. Schweiz, 1957, Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, Heft 34, 1958, p. 160–175.

De quelques problèmes posés par l'intervention de la Chimie dans la Nature

Par F. CHASTELLAIN, Lausanne

Mesdames, Messieurs,

Lorsque notre cher et vénéré président de la Session annuelle de la SHSN m'a demandé si je ne pourrais donner une conférence lors de cette réunion, j'ai éprouvé quelque hésitation à l'idée de parler devant une assemblée de personnalités aussi savantes. Veuillez considérer, je vous en prie, qu'il va s'agir en fait d'une simple causerie, traitant d'un sujet que beaucoup d'autres ont déjà abordé, mais qui reste – parce que très controversé – d'une pressante actualité.

Science jeune, puisque ses bases n'ont été établies qu'il y a moins de deux cents ans, la Chimie a pris un développement toujours plus accéléré et intervient aujourd'hui peu ou prou dans toutes les activités humaines non exclusivement intellectuelles. On doit compter aujourd'hui sans doute environ 1 million de substances chimiquement bien définies, si ce n'est plus, utilisées à de multiples fins – ou pas encore utilisées en majeure partie. Le bilan de leurs applications est si fortement positif qu'il peut justifier une intervention toujours plus accentuée dans des domaines touchant fortement aux processus vitaux.

Mais entre l'expérimentation sur la matière inerte et l'application aux êtres vivants, il y a aujourd'hui encore un large domaine de connaissances à acquérir, qui si on le franchit trop vite conduit inévitablement à des mécomptes.

Depuis très longtemps, plusieurs millénaires, l'homme par ses entreprises s'est opposé à la Nature en détruisant plus ou moins profondément les équilibres réalisés entre les êtres vivants, animaux et végétaux. Aussi longtemps que le peuplement humain n'a pris qu'une faible extension, que des terres inconnues subsistaient sur notre globe, ces interventions n'ont pas eu de trop graves, voire irrémédiables conséquences. Mais les besoins de populations croissant à une allure accélérée ont entraîné maintes ruptures des équilibres naturels et mis en jeu le développement ou la retenue entre de convenables limites de nombreuses espèces de plantes et d'animaux, occasionnant même la disparition définitive de nombre d'entre elles.

Dans un livre récemment traduit en français, deux auteurs américains *Lorus* et *Margery Milne* (*L'Equilibre de la Nature*) ont examiné de façon

approfondie ce problème et il faut en recommander la lecture à tous ceux qu'inquiètent les interventions toujours plus nombreuses et le plus souvent irréflechies de l'homme dans le milieu qui l'entoure.

En effet, nous avons la tendance, au fond bien naturelle, à envisager comme nuisibles et indésirables toutes les créatures qui prélèvent une dîme sur des biens que nous considérons comme exclusivement nôtres. De là à lutter par tous les moyens contre ces prédateurs, il n'y a qu'un pas – vite franchi.

Bien entendu, les dégâts dépassent souvent une mesure raisonnable, ce d'autant plus que l'établissement de la monoculture ouvre aux parasites des perspectives et des domaines qui en rendent aisée la prolifération. Il y a dans le monde environ 900 millions d'hectares de cultures, sur lesquelles les seules destructions dues aux insectes sont évaluées à 21 milliards de dollars. Si l'on étend le recensement aux forêts et au bétail pâturent, on peut admettre que les pertes atteignent plus de 30 milliards de dollars, soit à peu près le quart de la production agricole mondiale.

Personne n'oserait envisager, sous prétexte de vivre et laisser vivre, de ne pas lutter énergiquement contre les auteurs de tels dégâts. L'un des moyens de lutte qui est apparu comme des plus prometteurs est l'emploi des produits chimiques.

Jusqu'à une période récente (20 à 25 ans), la guerre chimique faite aux parasites n'avait comme armes que des sels minéraux : dérivés arsenicaux, produits cupriques, composés du mercure. Il s'agit de produits inévitablement toxiques pour d'autres que les parasites, dangereux même pour l'homme s'ils ne sont pas correctement utilisés, et dans le cas des composés arsenicaux indubitablement cancérigènes. Et puis, comme beaucoup d'armes, ils tuent mal, incomplètement et on les considère volontiers aujourd'hui comme périmés !

Heureusement, disent les uns, malheureusement pensent d'autres, il est apparu que des composés organiques, connus parfois depuis longtemps déjà, étaient extrêmement toxiques pour les insectes, sans l'être apparemment pour l'homme et les animaux domestiques. Il n'a pas été difficile d'en trouver d'autres par des recherches systématiques, coûteuses certes, mais qui sont courantes dans l'industrie très développée et très progressiste des produits chimiques organiques. Cas échéant, on a même utilisé les résultats de travaux d'abord entrepris en vue de la guerre chimique entre hommes. Il est d'ailleurs étonnant que l'hexachlorcyclohexane, synthétisé par *Faraday* en 1825, ait pu être utilisé en fumées lors de la guerre en tranchées de 1914-18 et qu'on n'ait pas reconnu alors ses vertus insecticides puisque les malheureux combattants étaient offerts en proie à de bien désagréables et dégoûtants parasites.

Il est assez curieux de constater que le fameux DDT, premier insecticide organique d'utilisation généralisée, a par contre été tout d'abord et à grande échelle employé dans la lutte contre les parasites des troupes et des civils pendant la dernière guerre mondiale. Quoique décrit déjà par *Zeidler* en 1874, ce composé – dont le nom développé de dichlordiphényltrichloréthane est plus difficile à retenir que les initiales universellement

connues – a démontré ses vertus insecticides dans une série de recherches faites par le chimiste bâlois *Paul Müller*, Prix Nobel de médecine.

A la suite de cette découverte, de nombreuses substances organiques ayant une action toxique sur les insectes ont été synthétisées. Elles se classent pour la plupart dans quelques groupes bien définis : les hydrocarbures chlorés, les éthers de l'acide phosphorique et de l'acide thiophosphorique, quelques carbamates, quelques dérivés synthétiques de produits actifs d'origine végétale. Il a été mis dans le commerce un très grand nombre (plus de 1300) de préparations insecticides, ne renfermant cependant qu'une cinquantaine, au maximum de composés chimiques bien définis.

A peu près simultanément sont apparus de nombreux herbicides destinés à détruire dans les cultures les plantes adventices que nous considérons d'un point de vue purement utilitaire comme de «mauvaises herbes», ou tout au moins à en contrôler et à en limiter l'extension.

Enfin, antiparasitaires aussi, des substances anticryptogamiques – dites aussi fongicides – ont été découvertes et utilisées contre les champignons microscopiques qui en très grand nombre déterminent de véritables maladies épidémiques chez les plantes.

Toutes ces substances destinées à la protection des plantes cultivées sont généralement englobées dans la catégorie des pesticides, dont le nom est dérivé d'un mot anglais «pest», signifiant fléau.

Et voici le cultivateur muni d'armes efficaces pour sa guerre contre les ravageurs de ses champs et de ses vergers, mieux encore l'homme en général pourra s'attaquer avec succès aux nombreux parasites vecteurs de maladies microbiennes à issue souvent mortelle. On a dit ironiquement que la guerre tout court débute toujours «fraîche et joyeuse». Les espoirs suscités par les premiers essais des pesticides étaient tels qu'on aurait pu qualifier de la même façon la lutte contre les ennemis des cultures. Chez les spécialistes de cette lutte, l'enthousiasme était général et ne laissait guère de place à quelques prudentes restrictions.

L'histoire de cette guerre faite aux insectes dits nuisibles a été – pour ce qui concerne plus précisément les Etats-Unis où elle a sévi dans toute sa rigueur – relatée récemment par *Rachel Carson* dans un livre : *Silent Spring*, qui a obtenu un énorme succès, a été traduit en 14 langues et a paru récemment en version française. Cet ouvrage a suscité bien entendu d'assez vives contradictions, mais guère de réfutations vraiment objectives, tant les faits décrits sont peu contestables. L'auteur, qui a assisté de près à la guerre chimique, prend évidemment très nettement parti, établit un implacable réquisitoire à l'égard des fauteurs d'atteintes graves à l'équilibre naturel des êtres vivants. Sans doute pourrions-nous plus tard faire un bilan plus objectif, ce d'autant mieux que les opérations n'ont pas partout été conduites avec la même imprudence et la même démesure qu'aux Etats-Unis. Mais les conséquences de ces opérations sont clairement définies et ne peuvent que fortement tempérer, voire même annihiler l'enthousiasme imprudent – et somme toute irréfléchi – des débuts.

Quelles sont ces conséquences : tout d'abord que dans la plupart des cas l'arme chimique détruit aussi bien amis (insectes utiles) qu'ennemis (ravageurs des cultures). Dans l'équilibre naturel, les uns contiennent l'expansion démesurée des autres. Une fois cet équilibre rompu, les plus résistants ou ceux que favorise une autre circonstance (par exemple pontes non atteintes) peuvent proliférer sans entraves. Alors qu'on ne parlait guère auparavant des dégâts dus à un acarien parasite, l'araignée rouge, la disparition de ses prédateurs proprement et dûment empoisonnés en a permis le développement en une telle mesure que le fléau combattu a été remplacé par un nouveau, tout aussi, si ce n'est davantage, destructeur des cultures. Sans doute, l'ingéniosité des chercheurs ne connaissant pas de limites, l'arme chimique a été perfectionnée et à son tour l'araignée rouge s'est vue efficacement combattue.

Mais les substances toxiques utilisées ne sont pas en général inoffensives pour les animaux autres que les insectes. Les oiseaux et les mammifères insectivores paient un large tribut en victimes de la lutte chimique. Le foisonnement des animaux inférieurs dans le sol, où leur action est non seulement utile, mais nécessaire, est limité et entravé ; les eaux de surface sont souillées, certaines eaux souterraines le sont aussi, les poissons à leur tour sont décimés. Le gibier lui-même est atteint ou quitte les territoires trop bien empoisonnés. La rupture de l'équilibre naturel ne concerne donc plus seulement les insectes, mais s'étend comme une tache d'huile sur toute la Nature.

Pour être efficace, le poison une fois épandu doit avoir une certaine persistance. Il n'est pas facile de fixer arbitrairement celle-ci, elle dépend non seulement de la constitution chimique du toxique, mais aussi de conditions locales. Certains produits ne sont que lentement détruits dans le sol, on les y décèle encore pendant des mois, même des années. On a pu démontrer qu'en certains cas le produit se transforme en un autre toxique, plus dangereux encore parce qu'il n'est pas soupçonné. La question de la persistance des résidus toxiques sur les récoltes reste, malgré de nombreux et délicats travaux, posée. On peut fort légitimement penser que malgré les précautions à observer, malgré les taux de tolérance très prudents fixés, malgré peut-être une certaine accoutumance au toxique par mithridatisation, l'homme et les animaux domestiques peuvent souffrir d'empoisonnements légers ou graves. Pour certains des produits utilisés dans l'arme chimique, l'effet du poison peut être cumulatif, parce qu'il se fixe sur certains tissus et y persiste plus ou moins longtemps. Les atteintes vont donc bien au-delà du seul monde des insectes et se généralisent à l'ensemble du règne animal.

Mais, conséquence envisagée et connue depuis plusieurs décennies, la lutte chimique détermine la sélection de races résistantes à l'action des toxiques. Le fait avait été observé en 1914 déjà par *A. L. Melander*, professeur d'entomologie, à Washington, dans l'action du polysulfure de calcium sur le pou de San José ; il avait été reconnu aussi dans les traitements des agrumes par fumigation à l'acide cyanhydrique (1915), dans ceux opérés contre la pyrale avec l'arséniate de plomb (1920). Avant le déclenchement

généralisé de la guerre chimique à l'aide des substances organiques de synthèse, une douzaine d'espèces d'insectes avaient déjà engendré des races réfractaires à l'action renouvelée d'un agent toxique. En 1960 on dénombrait 137 races résistantes et leur apparition par sélection au cours d'une série de générations (une vingtaine, ce qui ne nécessite que quelques années) apparaît comme un fait général. La guerre chimique qui paraissait faire table rase de l'ennemi au début des opérations suscitait finalement sa résurrection sous la forme d'un adversaire beaucoup mieux armé. Outre le dénombrement de 65 parasites des récoltes immunisés contre les poisons dont on les arrosait généreusement (si l'on peut ainsi dire!), des races résistantes de porteurs de germes de maladies graves : mouches, anophèles, poux, tiques, puces, etc., sont apparues.

On s'est efforcé de trouver des parades à la résistance ainsi acquise, en étudiant en particulier les processus biochimiques qui rendent le poison inefficace. On a constaté que certains enzymes sont capables de provoquer la transformation de la substance active en un produit inactif. Si l'on peut empêcher la formation de l'enzyme ou le détruire préalablement, la résistance de l'insecte disparaît. On a aussi utilisé les effets synergétiques d'addition de diverses substances aux toxiques, le couplage de toxiques de fonctions différentes, on recherche fébrilement de nouveaux types de pesticides. Que faut-il en fin de compte penser de la guerre chimique contre les ravageurs des cultures ? Écoutons le Dr Briejèr, directeur du Service de la protection des plantes des Pays-Bas : « Il est plus qu'évident que nous suivons une route dangereuse... Nous devons rechercher assidûment de nouvelles méthodes de lutte, des méthodes biologiques plutôt que chimiques. Le but à viser est d'orienter aussi prudemment que possible les processus naturels dans la direction souhaitée, plutôt que d'utiliser la force brutale... Il faut regarder les choses de plus haut et avec un esprit plus ouvert, ce que ne font pas de nombreux chercheurs. La vie est un miracle qui dépasse notre entendement et nous devons la respecter, même dans une lutte devenue inévitable... Le recours à des armes aussi brutales que le sont les insecticides montre quelle est l'insuffisance de nos connaissances, quelle est notre incapacité à guider le cours des développements naturels de telle manière que l'emploi de la force brutale soit inutile. L'humilité doit être la règle ; rien ne peut ici excuser les prétentions et présomptions scientifiques. »

Il n'est pas de notre propos de nous étendre longuement sur ce sujet de l'intervention des pesticides dans la nature. Il a été souvent discuté au cours des dernières années, la presse s'en est emparée à de nombreuses reprises, des volumes entiers ont détaillé les thèses et antithèses des partisans et des adversaires de la guerre chimique. Voyons plutôt si dans une atmosphère plus paisible il n'est pas question aussi des inconvénients de substances chimiques trop hâtivement utilisées en quantités considérables.

Cette fois-ci, il ne s'agit plus de guerre, mais de paisibles cours d'eau, de lacs aux multiples reflets, de ces eaux fraîches et charmantes que nous avons connues pures et limpides. Sous nos climats, dans notre pays sur-

tout, il semblerait que l'eau se trouve en quantités inépuisables et qu'il doit être difficile de la souiller. Et pourtant, même dans les pays les plus privilégiés, aux climats humides, les réserves d'eau ne sont pas si considérables qu'un examen superficiel peut le laisser croire. Sur l'ensemble du globe, couvert aux trois quarts par les océans et les mers, les quantités disponibles d'eau pluviale et souterraine ne dépassent probablement pas 1 million de millions de m³, ce qui est de l'ordre du millionième de l'ensemble des eaux. Une telle quantité, répartie uniformément sur les terres émergées, ferait encore une belle couche d'eau, de près de deux mètres. Mais elle n'est justement pas répartie uniformément !

Dans les pays à forte densité de population, ce qui va généralement de pair avec une intense activité industrielle, nous assistons à la souillure progressive – et rapidement progressive – des eaux courantes. Sans doute, le fait même de l'augmentation de la population, de la concentration de celle-ci dans de grands centres urbains, du confort domestique croissant qui exige beaucoup d'eau (plusieurs centaines de litres par tête et par jour en moyenne), ce qui oblige au tout à l'égout, est pour une bonne part responsable de ce fâcheux état de choses. Mais il ne faut pas négliger cependant le pouvoir auto-régénérateur de ces eaux, dont la teneur en oxygène et la microflore ont longtemps permis une épuration satisfaisante.

Alors qu'au Grand-Siècle, celui de Louis XIV, l'homme – même le mieux élevé – n'éprouvait pas le besoin d'ablutions abondantes et généralisées, quitte en cas de nécessité à employer le masque des parfums, aujourd'hui le plus modeste des citadins dispose au robinet d'assez d'eau pour couvrir d'amples besoins hygiéniques. Mais il ne suffit pas pour cela d'eau seulement, parallèlement a crû l'utilisation de produits de lavage, en termes plus savants : de détergents.

En cette qualité, le bon savon de Marseille, si ce n'est de Savone, a pendant bien des décennies parfaitement convenu aux populations que le progrès technique et la fabuleuse réclame qui l'accompagne n'avaient pas encore persuadé que nos vieilles (pas si vieilles cependant) habitudes étaient périmées. La régénération des eaux usées ne posait alors pas de grave problème, parce que les acides gras, dont le savon contient les sels de sodium, étaient assez facilement transformés et détruits par le pouvoir auto-régénérateur dont il a été question plus haut.

L'ingéniosité de l'homme, qui n'est jamais en défaut et qui conditionne le progrès technique dont le développement se fait à une allure toujours plus accélérée – admiration des uns, la grande majorité, effarement et effroi des autres, une faible minorité – a fait depuis quelques années remplacer le bon vieux savon par des détergents synthétiques tirés des dérivés du pétrole. Les incontestables qualités de ces produits de la pétroléochimie ne sont pas ici en cause. Mais on avait simplement oublié de vérifier qu'ils n'allaient pas aggraver et renforcer la pollution des eaux courantes. Or, si l'état naturel des choses admet sans trop d'inconvénients les acides gras du savon, il est beaucoup moins souple à l'égard des détergents synthétiques très différents comme constitution des huiles et graisses naturelles. Dans les pays de haut standard de vie, où le consommateur est le plus tributaire

du progrès technique, c'est-à-dire en Grande-Bretagne, au Danemark et aux Etats-Unis, pour ne pas parler de la Suisse, on n'a pas tardé à constater que ces produits ont une persistance extrêmement gênante. Les mousses qu'ils engendrent et qui se forment d'autant mieux que l'eau est plus sale sont apparues un peu partout, empêchant le bon fonctionnement des installations d'épuration des eaux usées, passant outre à cette épuration, persistant dans les cours d'eau où l'on puise l'eau rendue potable après filtrage et chloration.

Il a fallu reprendre le problème à la base et chercher des produits moins persistants et ne gênant pas outre mesure le bon fonctionnement des stations d'épuration. On y est parvenu, dans une mesure relativement satisfaisante.

Mais il n'y a pas que l'hygiène domestique qui souille beaucoup d'eau. L'activité industrielle ne peut s'exercer, obligatoirement, sans emploi de très grandes quantités d'eau : de refroidissement, de réaction, de lavage. Accidentellement cela entraîne de graves pollutions des cours d'eau, d'assez nombreux exemples sont certainement présents dans toutes les mémoires. D'autres souillures s'effectuent à longueur d'année, elles ne sont pas les moins graves. La plante, l'animal aussi en une certaine mesure, supportent une action nocive plus ou moins intense, mais de courte durée. L'intoxication continue par petites doses est beaucoup plus insidieuse, ses effets sont moins spectaculaires, mais parce que durables ils ne contribuent pas moins au déséquilibre du milieu naturel.

Avec la pollution des eaux, va souvent de pair la souillure de l'atmosphère par l'émission de gaz ou de vapeurs délétères et de poussières ou de fumées. Si la Chimie ici aussi est en cause, ce n'est pas de propos délibéré et nous nous écarterions de notre sujet précis en insistant sur cette question.

Notre propos, qui est en bref que l'on ne saurait prendre assez de précautions avant de généraliser l'emploi dans le milieu naturel de produits chimiques de synthèse, pourrait être renforcé en examinant les risques qu'encourt également à d'autres égards l'homme du fait de ses inventions mal utilisées et par des produits dont il subit l'agression par une sorte de choc en retour.

Un médicament, que de nombreux tests avaient fait envisager comme anodin a récemment déterminé d'irréparables dommages à de nombreux nouveau-nés et agité l'opinion publique. Il avait échappé jusqu'alors à l'attention des spécialistes que d'autres substances, même utilisées depuis longtemps en thérapeutique, peuvent – à un moindre degré semble-t-il – gêner la formation et la division des cellules.

Diverses substances employées dans l'alimentation, des colorants artificiels en particulier, se sont à la longue révélées cancérogènes. Il a fallu une réglementation sévère pour éliminer des risques trop facilement encourus.

Des textiles artificiels se sont révélés extrêmement inflammables, de déplorables accidents se sont produits à la suite de leur emploi.

Il n'est pas question, certes, d'émettre une appréciation aussi pessimiste que l'était celle de *Montesquieu*, émise sous le couvert de ses *Lettres Persanes*, dont la CV^e, écrite en 1720, dit textuellement :

« Je tremble toujours (moi, *Rhedi*) qu'on ne parvienne à la fin à découvrir quelque secret qui fournisse une voie plus abrégée pour faire périr les hommes, détruire les peuples et les nations entières.

»... Il n'y a pas longtemps que je suis en Europe, mais j'ai ouï parler à des gens sensés des ravages de la chimie : il semble que ce soit un quatrième fléau qui ruine les hommes et les détruit en détail, mais continuellement, tandis que la guerre, la peste, la famine, les détruisent en gros, mais par intervalles. »

A cette époque assez lointaine déjà, la Chimie était une science à peine élaborée, d'une gestation difficile, et nul ne pouvait en prévoir l'essor immense et les applications à tous les domaines de l'activité pratique des hommes.

Dès lors, les progrès techniques et l'activité industrielle ont augmenté à une allure toujours plus accélérée, leurs applications infiniment variées survenant sans répit et se faisant trop souvent hâtivement et d'une manière désordonnée.

Nous entendions récemment à Evian une conférence de *M. Louis Armand*, ingénieur de grand renom et membre de l'Académie française. Très optimiste dans ses propos, d'un enthousiasme communicatif, l'orateur remarquait qu'il n'y a plus de limites au progrès technique, que l'on peut aujourd'hui à peu près tout faire, mais que l'évolution est si rapide qu'on ne peut plus laisser aux techniciens l'absolue liberté d'utiliser à leur gré leurs inventions. Dans nombre de domaines, les autorités doivent et devront intervenir en leur imposant un plan de travail.

Sans doute, comme le dit excellemment le professeur *Roger Heim*, président de l'Académie des sciences, dans la préface qu'il a donnée à l'ouvrage de *Rachel Carson* :

« En vérité, ce n'est pas le principe de l'usage des substances chimiques, pas même des produits de synthèse, qui est à priori mis en cause. Le monde de la chimie appartient au génie de l'investigation humaine. Il est même l'un de ceux qui, dans l'état actuel de nos connaissances et de nos moyens scientifiques d'action, reste le plus efficace, le plus démonstratif de ce pouvoir de la découverte. La chimie de synthèse a été l'un des domaines les plus magnifiquement exploités par l'homme. Elle laisse derrière elle des créations dont le prix ne saurait être discuté. Les matières plastiques, tirées de l'étonnante réussite de l'industrie des grosses molécules en est un exemple éclatant. La mise en lumière des procédés de la chimiothérapie a conduit indiscutablement, elle aussi, à des répercussions infinies qui laissent partout leurs traces. En pharmacologie, en médecine, en prévention sanitaire, on peut même dire que les plus belles innovations des hommes de science font partie de ce domaine, à la fois celui de la chimie analytique qui tire de la Nature ce qu'elle renferme mystérieusement, et de la chimie de synthèse qui fait ici de l'Homme le prestidigitateur de la création des espèces chimiques.

»... La route des découvertes s'est enrichie d'un arsenal d'une richesse infinie, *mais le danger réside dans le pouvoir presque illimité de destruction mis à la portée de quiconque*. Aucun esprit pénétrant n'oserait aller contre cette évidence. Notre inquiétude résulte bien d'un tel pouvoir et c'est ce que l'homme déraisonnable, ou stupide, ou rivé à ses stricts intérêts, n'a pas compris mieux ici qu'ailleurs. Nous en arrivons toujours à la même conclusion : éducation, contrôle. Education, ce qui veut dire écarter les œillères qui étouffent le spécialiste et le laissent ne concentrer son regard que sur le seul objectif limité. Contrôle, ce qui signifie éliminer les abus, arrêter les méfaits nés de *l'utilisation* inconsidérée des découvertes de quelques savants. Et les vérités du conflit majeur réapparaissent à travers ces considérations. Dans quelles limites le progrès imposé par l'homme à l'humanité restera-t-il compatible avec les intérêts essentiels de celle-ci, avec ceux de la Vie qui est l'essence de notre réalité, la réalité de notre présence, puisque tout s'y ramène à travers l'existence de l'espèce comme de l'individu ? Le triptyque freinateur est aussi celui de notre survivance : éducation, contrôle, protection.

»Le vrai triomphe de l'Homme, s'il doit venir, ne sera pas en fin de compte de la vanité ou de la réussite de ses créations et d'un succès factice, en réalité désastreux et ultime, sur ce qui fut la raison sublime de sa venue, et la chance de sa vision, et le bonheur qu'il tire de la contemplation. Cette victoire sera celle de la force qu'il aura su opposer dans sa lucidité à l'instinct conquérant et aveugle de son génie.»

On ne saurait mieux dire, avec autant de pertinence et une telle élégance.

Deux remarques pour conclure. L'une relative au principe même de l'emploi généralisé de produits chimiques de synthèse, et qui plus est plus ou moins fortement toxiques, sur des territoires souvent très étendus et utilisés fréquemment par des personnes n'ayant pas une formation spécialisée, alors que des substances moins dangereuses pour la santé publique ne peuvent être acquises que chez le pharmacien et moyennant généralement une ordonnance médicale ou une autorisation administrative.

Il faut ici insister sur le fait, trop souvent oublié ou négligé, que les réactions qui se produisent dans les organismes vivants, et qui déterminent la croissance et le développement ou l'entretien des individus, végétaux comme animaux, forment une série de mécanismes extrêmement délicats et très précisément réglés, qu'il est facile d'entraver dans leur action par de subtils poisons. Ces mécanismes mettent en jeu des catalyseurs, appelés enzymes, qui déclenchent et contrôlent la réaction chimique, tout en se retrouvant apparemment intacts une fois l'opération accomplie. La formation des tissus, la respiration et l'assimilation sont commandées par ces fragiles mécanismes dont nous connaissons aujourd'hui assez bien l'enchaînement. Qu'un seul chaînon soit endommagé et l'opération globale ne se poursuivra pas de façon correcte ; l'individu en souffrira plus ou moins profondément.

On ne saurait donc prendre assez de précautions dans l'emploi de produits synthétiques nouveaux, dont les avantages et les inconvénients ne

peuvent être déterminés qu'après de nombreuses et longues expériences, sous peine de voir se renouveler l'histoire de l'apprenti sorcier.

L'autre remarque concerne l'équilibre des êtres vivants dans la Nature. Si à des atteintes limitées, une réaction inévitable remédie par la sélection de races résistantes, il n'en est pas moins certain que comme le disent *L.* et *M. Milne*: «Chaque fois que l'on veut rapiécer une déchirure dans la trame de la vie, une autre, plus importante que la précédente, s'ouvre à côté et il faut rapporter toujours davantage de pièces sans jamais parvenir à stopper une détérioration qui va s'aggravant: le remède se révèle pire que le mal.»

Et plus loin: «Il faut prendre conscience du déséquilibre alarmant que *par ses entreprises* l'homme a provoqué au sein de la Nature, les plantes vertes de notre globe, qui seules captent l'énergie solaire pour élaborer les principes nutritifs nécessaires au monde animal, doivent subvenir aux besoins d'une population humaine croissant à une allure toujours plus rapide. La végétation n'est plus en mesure de subvenir aux besoins d'un aussi grand nombre d'animaux qu'auparavant.»

Or, seule une très faible partie (moins de 1 %) de l'énergie solaire atteignant la terre peut être utilisée à la photosynthèse par les végétaux, c'est-à-dire en définitive à la production de substances où nous trouvons, directement ou indirectement, nos aliments. Trouver des voies et des moyens pour utiliser mieux cette énergie absolument gratuite et augmenter les disponibilités en ressources alimentaires est une tâche qui concerne au premier chef la Chimie, et le passé étant une sûre garantie de l'avenir, il est certain qu'elle s'accomplira dans un relativement proche avenir. Suppléant et complétant ainsi la Nature, la Science remplira l'un des rôles essentiels et magnifiques qui lui sont dévolus.

Die Kybernetik: Wissenschaft oder Methode?

Von SATOSI WATANABE

1. Die Unpopularität der Kybernetik

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

Es ist mir nicht nur eine grosse Ehre, sondern auch eine wirkliche Freude, die Gelegenheit zu haben, vor der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft über eine Wissenschaft zu sprechen, die so tief in der modernen Zivilisation um die Mitte des 20. Jahrhunderts verwurzelt ist. Der Name dieser Wissenschaft ist Kybernetik. Ich spreche hier von der Wissenschaft «Kybernetik». Zwar weiss ich wohl, dass viele meiner Kollegen in Amerika den Kopf schütteln werden, nicht nur, weil ich die Kybernetik als eine Wissenschaft bezeichne, sondern weil ich das Wort Kybernetik überhaupt gebrauche. In der westlichen Hemisphäre gilt der Ausdruck Kybernetik nicht als ein «OK word» in akademischen Kreisen.

Was ich damit meine, möchte ich mit folgenden Beispielen erläutern: Ein amerikanischer Staatsmann würde es nicht wagen, über den Sozialismus zu sprechen, es sei denn, er tue es in verächtlicher Weise, auch wenn er eine sozialistische Massnahme vorschlagen würde. Ein Psychologe darf keinen «mentalen» Prozess beschreiben, obgleich er ohne weiteres einen «kognitiven» beschreiben kann. Ebenso zieht ein amerikanischer Wissenschaftler, der sich mit dem Studium einer kybernetischen Frage beschäftigt, es vor, seine Forschung mit einem anderen Namen als dem der Kybernetik zu bezeichnen, zum Beispiel Theorie der Servomechanismen, Theorie der Homöostase, selbstorganisierendes System, selbstoptimisierendes System, selbstreproduzierendes System, adaptives System, künstliche Intelligenz, lernende Stromkreissynthese, Androidologie, Robotologie, Bionik, Biotonik, Semionik, Automatentheorie, Autonomik usw.

Ich möchte darauf hinweisen, dass keine dieser Bezeichnungen ein universal akzeptiertes Wort in der Wissenschaft ist, sondern dass jede dieser Bezeichnungen oft die intellektuelle Clique verrät, der der Wissenschaftler huldigen muss. Im Gegensatz zu den amerikanischen Kollegen haben Europäer – ganz gleich ob im Osten oder Westen – scheinbar weniger oder überhaupt keine Hemmungen, das Wort Kybernetik zu gebrauchen. Norbert Wiener hat bestimmt eine grössere Anzahl offener Anhänger in der östlichen als in der westlichen Hemisphäre. Es scheint auch hier, dass der Prophet in seinem eigenen Lande nicht richtig bewertet und verstanden wird.

Ich habe viele meiner amerikanischen Freunde gefragt, warum das Wort Kybernetik absichtlich von amerikanischen Wissenschaftlern vermieden wird. Die Antworten waren in ihrer Verschiedenheit belehrend. Wir können sie grob in zwei Kategorien einteilen: Da sind erstens jene, die erklären, dass der Beigeschmack, welcher dem Wort Kybernetik anhaftet, unangenehm ist, zweitens jene, die behaupten, dass die Kybernetik höchstens eine heuristische Methode, aber keineswegs eine strenge Wissenschaft ist. Zur ersten Kategorie gehören die folgenden typischen Bemerkungen: 1. Es ist höchst bedauerlich, dass die Bücher «Kybernetik»¹ und «The Human Use of Human Beings»² von N. Wiener «Bestsellers» wurden. Viele Nichtwissenschaftler, die sie lasen und den theoretischen Inhalt der Bücher nicht verstanden, begannen das Wort frei zu gebrauchen. Sie haben damit etwas wie einen «Science fiction»-Effekt hervorgerufen. Im hohen Grade mathematische Abschnitte wurden in die leichte und dramatische Erzählung in Wieners Buch eingestreut, die ein Gefühl schaffen – ich berufe mich hier auf einen Satz von A. Tustin³ –, dass hohe und wirksame, wenn auch nicht völlig entschleierte Mysterien existieren. Eine andere typische Bemerkung in der ersten Kategorie der Antworten lautet: 2. «Es gab und gibt immer noch zu viele Scharlatane auf dem Gebiet der Kybernetik», und eine weitere Antwort: 3. «Das Wort Kybernetik ist gefühlsmässig überladen.» Es handelt sich ja um eine «Wissenschaft der Automation». Damit wird die hitzigste soziale und politische Streitfrage des Jahrhunderts berührt. Oder eine weitere Variante: 4. Eng verbunden mit dem Wort Kybernetik sind Wieners düstere Ansichten über die Zukunft der Welt. Sie betonen das ungelöste Problem der Arbeitslosigkeit und die Tyrannei der Maschinen, und ausserdem sind Wieners politische Ideen bei weitem zu radikal für die durchschnittlichen Amerikaner. 5. Und noch eine fünfte Antwort: Die Kybernetik ist so stark von der Persönlichkeit ihres Erfinders geprägt, dass der Gebrauch des Wortes wie ein Bekenntnis oder ein Zugeständnis der Teilnahme an einem Personenkult klingt.

Einwendungen in der zweiten Kategorie der Antwortenden, Kybernetik sei keine Wissenschaft, können durch folgende Bemerkungen illustriert werden: 1. Es gibt keine gut formulierten allgemeinen Gesetze oder einheitlichen Prinzipien, die das weite Gebiet der Kybernetik betreffend charakterisieren und beherrschen, wie zum Beispiel Newtons Gesetze die Mechanik oder Mendels Gesetze die Genetik beherrschen. 2. Es gibt keine besondere Klasse von Objekten, die für das Gebiet der Anwendbarkeit der Kybernetik grundlegend ist, wie zum Beispiel die Klasse der Tiere für die Zoologie und die Klasse der Gesellschaften für die Soziologie. 3. Kybernetik ist keine grundsätzlich neue Disziplin. Was zuerst wie ein neuentdeckter Landteil aussah, erwies sich als die Fortsetzung eines alten Kontinentes. Die Kybernetik ist ein heterogenes Gemisch von neueren Entdeckungen verschiedener alter Wissenschaften. 4. Die Kybernetik ist eine lockere Analogie zwischen Tier und Maschine, folglich kann sie als eine heuristische Methode nützlich sein, aber einen Zweig der Wissenschaft stellt sie nicht dar.

Die Einschätzung der Kybernetik in der Sowjetunion ist durch viel dramatischere Wechsel gegangen als in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Vor 1955 wurde die Kybernetik als eine betrügerische Pseudowissenschaft betrachtet. Nach 1955 hat sie nicht nur Ansehen gewonnen, sondern wurde sogar mit Begeisterung begrüsst. Es ist höchst interessant, zwei Arbeiten aus der russischen Zeitschrift «Philosophische Fragen» zu vergleichen, eine Arbeit von einem mit «Materialist»⁴ unterzeichnenden pseudonymen Autor aus dem Jahre 1953 und die andere von E. Kolman⁵ aus dem Jahre 1955. Der letztere kritisierte dabei die hastige Nichtanerkennung der Kybernetik des ersteren. Wiener geriet in grosse Verlegenheit, als eine andere Arbeit⁶ von Soboleev, Kitov, Lyapunov, die ebenfalls in «Philosophische Fragen» im Jahre 1955 erschien, ihn wegen seiner Kritik an der freien Ökonomie lobte. Als Wendepunkt kann man Kolmans Arbeit⁵ im Jahre 1955 bezeichnen, der damals schrieb: «Es ist bestimmt sehr leicht und einfach, die Kybernetik als eine absichtliche Täuschung, eine Pseudowissenschaft zu bezeichnen. Aber es sieht so aus, als ob es falsch wäre, anzunehmen, „unsere Gegner würden (so viel Geld und Mühe für das Studium der Kybernetik opfern,) nur um Pavlovs Theorie zu schmälern und den Idealismus und die Metaphysik in Psychologie und Soziologie zu erzwingen“.» Nachdem er die Arbeit von de Broglie¹¹ erwähnt hat, der die positive Seite der Kybernetik analysierte, erklärte Kolman: «Es ist gerade dieser positive Aspekt der Kybernetik, der besondere Aufmerksamkeit verdient, nicht nur von Ingenieuren und Mathematikern, sondern auch von Philosophen.»

Dies ist ein erstaunlicher Wechsel in der Einstellung gegenüber der blinden Nichtanerkennung des anonymen Autors «Materialist», der im Jahre 1953 schrieb: «In diesem Sinn ist die Kybernetik nur eine Abart der technokratischen Theorie, die zusammen mit dem Imperialismus gegen das Ende des 19. Jahrhunderts in den imperialistischen Ländern entstanden ist» usw., und später: «Die heutigen Technokraten-Kybernetiker – legen eine dicke wissenschaftsähnliche Nebelschicht um ihre hauptsächlich reaktionäre Theorie.» (Seite 214.) Der Verfasser «Materialist» kritisierte die Amerikaner, dass sie kybernetische Ideen in anderen Ländern verbreiteten. Er schrieb: «Sogar nach Indien brachten die amerikanischen Exporteure diesen verfaulten ideologischen Gebrauchsgegenstand.» (Seite 212.) Seine Voraussage: «Die Kybernetik ist eine von jenen Pseudowissenschaften, welche von dem heutigen Imperialismus geboren und vom Schicksal bestimmt sind, noch vor dem gänzlichen Untergang des Imperialismus zugrunde zu gehen» (Seite 218), war bestimmt ein Fehler. Wenigstens in der Sowjetunion ist die Kybernetik stärker als je zuvor. Ganz im Ernst fühlt der kommunistische Philosoph G. Klaus sich berechtigt, «Karl Marx als den ersten Kybernetiker» zu bezeichnen⁶⁵. (Siehe auch Ref. 66.) In 1961 wurde der offizielle Triumph der Kybernetik in Russland bestätigt, als Chruschtschow selbst im Rechenschaftsbericht an den 22. Parteitag die Kybernetik zu den «vollkommensten Mitteln» zählte, «die das technische Niveau der Produktion bestimmen.»^{69 70}

Meine verehrten Damen und Herren, es ist nicht meine Absicht, im folgenden jede negative Bemerkung gegen die Kybernetik zu widerlegen. Ich beabsichtige jedoch, zu zeigen (besonders im Abschnitt 5), dass es eine Wissenschaft gibt, ob sie nun Kybernetik genannt wird oder nicht, die mehr oder weniger mit dem Gebiet von Wieners Kybernetik übereinstimmt und die ein einheitliches theoretisches System besitzt. Ich hoffe, dass ich gleichzeitig imstande sein werde, einige Hauptzüge dieser neuen Wissenschaft und ihrer Methodik zu skizzieren.

2. Verschiedene Definitionen der Kybernetik

Zunächst möchte ich Ihnen einen kurzen Überblick über die Geschichte des Wortes Kybernetik geben. Es wird behauptet, dass das Wort Kybernetik dieselbe Etymologie hat wie die französischen Wörter «gouvernement» und «gouvernail» und dass es von dem Wort «Κυβερνήτης» abgeleitet ist, welches Pilot, Steuermann oder Lenker bedeutet. Danach kann man die Kybernetik als eine Wissenschaft des Steuerns oder Lenkens ansehen. Wiener wollte allerdings den Begriff des Steuerns in einer sehr weitgehenden Bedeutung verstanden haben. Es ist erwähnenswert, dass Plato das Wort *Κυβερνήτης* gebraucht hat, und zwar schon in der Bedeutung Steuermann nicht nur im eigentlichen Sinne (Steuern eines Bootes), sondern auch in der übertragenen Bedeutung, eine Gruppe von Menschen zu führen. Im ersten Buch der Republik fragt Sokrates Thrasydus: «Und was ist da mit dem Piloten (Kybernetes) – der Pilot rechtmässig so genannt –, ist er ein Führer der Matrosen oder ein Matrose?» Auf die Antwort seines Partners in diesem Zwiegespräch: «Ein Führer der Matrosen», antwortet Sokrates ein wenig später: «Er wird ein Pilot genannt... in bezug auf seine Geschicklichkeit und seine Führung der Matrosen⁷.» Noch interessanter ist die Tatsache, dass Plato tatsächlich im Gorgias ein Wort *Κυβερνήτις* benutzt, welches auf deutsch als Kybernetik übersetzt werden könnte. Er lässt Sokrates folgendes sagen⁸: «Ich werde für dich eine andere Kunst wichtiger als diese erwähnen, nämlich die kubernetike, die nicht nur Menschen rettet, sondern ihre Körper und auch Güter von den aussergewöhnlichsten Gefahren beschützt, genau so wie die Rhetorik.» Dies ist einer der Paragraphen aus dem Gorgias, wo Sokrates versucht, die Sophisten Gorgias und Callicles zu überzeugen, dass die Rhetorik nicht die einzige Kunst sei, die uns rette und wichtig für uns sei. Aber natürlich, das Wort kubernetike ist hier streng im Sinn von «Kunst der Schiffahrtskunde» gebraucht. Wenn wir das moderne Wort Kybernetik hier an Stelle von kubernetike setzen – was ein gewisser französischer Autor getan hat –, dann werden wir wirklich ein durchaus reklamemachendes Verkaufsmotto für die Kybernetik erhalten, aber das ist natürlich auch nicht richtig. Wenn man sich diese Art freier Übersetzung gestattet und man in einem der vorhergehenden Abschnitte «Kybernetiker» für «kubernetes» einsetzt¹, würde Sokrates folgendes sagen: «Für den Kybernetiker ist es keine Art und Weise, sich zu rühmen.»

Dies sollte für jene Scharlatane, die mit der Kybernetik prahlen, eine Warnung sein.

Wahrscheinlich wurde das Wort Kybernetik oder vielmehr «cybernétique» als der Name einer Wissenschaft zuerst von dem grossen französischen Physiker A. M. Ampère¹⁰ eingeführt, und zwar in seinem Buch «Essai sur la philosophie des sciences», dessen Band I im Jahre 1838 und Band II im Jahre 1845 erschienen. Es war der Zweck des Buches, verschiedene bekannte oder denkbare Wissenschaften jener Zeit zu charakterisieren und zu klassifizieren. Zuerst wurden die Wissenschaften den studierten Gegenständen gemäss eingeteilt, dann wurde jede Abteilung in zwei Unterabteilungen nach zwei Gesichtspunkten eingeteilt, und jede von diesen Unterabteilungen wurde wieder in zwei weitere Unterabteilungen nach denselben zwei Gesichtspunkten unterteilt. «Die zwei Gesichtspunkte» entsprechen ungefähr dem Empirischen und dem Theoretischen oder dem Phänomen an sich und dem Phänomen, wie interpretiert. Mit Ampères eigenen Worten, «il est nécessaire, dans la détermination des caractères distinctifs d'après lesquels on doit définir et classer les sciences d'avoir égard non seulement à la nature des objets auxquels elles se rapportent, mais encore aux divers points de vue sous lesquels on considère ces objets»... «Sous le premier de ces points de vue, les objets qu'on étudie sont considérés en eux-mêmes, et le second consiste à les considérer corrélativement, c'est-à-dire, à comparer les faits pour établir des lois générales, ...¹¹.»

Was die Spezialabteilung Kybernetik anbetrifft, so ist es interessant, festzustellen, dass Ampères Bemerkung, die ich jetzt zitieren werde, teilweise mit den modernen Ideen von der Kybernetik übereinstimmt. Er sagt, als er die Kybernetik definiert: «Sans cesse, il (un bon gouvernement) a à choisir entre diverses mesures celle qui est la plus propre à atteindre le but¹².» Folglich ist die Kybernetik, die die Kunst der Regierung zum Gegenstand hat, gemäss Ampères Schema der Klassifikation das praktische Gegenstück der «théorie du pouvoir», die kausal die Dynamik der Einsetzungen von Regierungen, das heisst Erhaltung und revolutionärer Wechsel von Regierungen, beschreibt. So interessant es auch erscheint, Ampères Gebrauch des Wortes Kybernetik ist nichts anderes als eine zufällige Anekdote für die Geschichte der Kybernetik. Die Kybernetik im modernen Sinn fängt mit Norbert Wieners Buch vom Jahre 1948 an, das den Titel «Kybernetik» trägt. Oder genauer gesagt, sie beginnt mit den in diesem Buch beschriebenen wissenschaftlichen Entwicklungen, die ihrerseits der Veröffentlichung des Buches vorausgingen und die ihr Entstehen einer Gruppe von Forschern verdankten, welche eng mit Norbert Wiener zusammengearbeitet hatten.

Wie wohl bekannt ist, hat dieses Buch den Untertitel «Kontrolle und Kommunikation im Tier und in der Maschine». Das ist auch Wieners Definition des Wortes Kybernetik. Wiener selbst schreibt in der *Encyclopedia Americana*¹³, dass «er sich nicht bewusst war, dass (das Wort Kybernetik) schon vor mehr als vor einem Jahrhundert von André Ampère benutzt worden war, um die ausschliesslich *regierende Seite solch einer Theorie* zu bezeichnen...¹¹.» (Hervorhebung vom Verfasser). Folglich be-

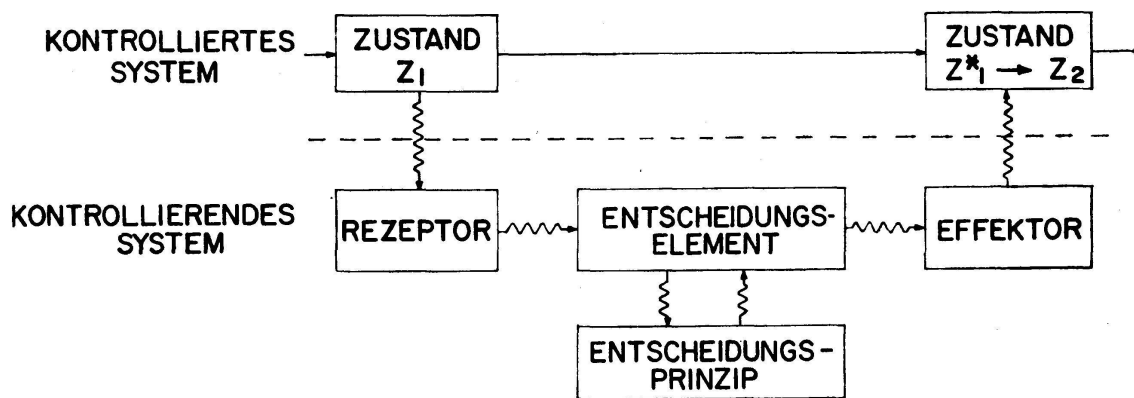
trachtet Wiener Ampères Kybernetik als einen Teil seines Begriffs. Die Idee, die durch Wieners originale Definition der Kybernetik ausgedrückt wurde, scheint von ganz Europa angenommen worden zu sein. Die deutsche Zeitschrift «Kybernetik» bezeichnet sich als «Zeitschrift für Nachrichtenübertragung, Steuerung und Regelung im Organismus und in Automaten»¹⁴. Die sowjetische Veröffentlichung «Probleme der Kybernetik»¹¹ beginnt mit einem Leitartikel, welcher den Gedanken so ausdrückt: «Die Aufgabe der Kybernetik besteht in der Untersuchung von Steuerungssystemen und Steuerungsprozessen oder, mit anderen Worten, in der Untersuchung von Anlagen, die mit Informationen umgehen, also Prozessen der Aufnahme, der Übermittlung, der Verarbeitung und der Speicherung von Informationen. Derartige Prozesse kommen auf den verschiedensten Gebieten menschlicher Betätigung vor: in der Technik, in der Biologie, in der Ökonomie usw. Dabei ist die Kybernetik ihren Methoden nach eine mathematische Wissenschaft.»

Ich erwähnte schon, dass der Begriff der Kybernetik mittlerweile so verwässert worden ist, dass er alle Arten von ungenauer Bedeutung erhalten hat. Als Beispiel einer äusserst ungenauen Definition des Ausdruckes möchte ich ein gewisses «Wörterbuch von neuen Wörtern» zitieren, das die Kybernetik als «Studium des menschlichen Gehirns verglichen mit Computern und anderen Maschinen, welche gewisse Funktionen, die denen des menschlichen Gehirns ähnlich sind, verrichten»¹⁵, definiert.

Zum Vergleich werde ich einige weitere Versionen von Definitionen der Kybernetik anführen. Es kommt oft vor, dass derselbe Autor mehr als eine Definition gibt: In solchem Fall zitiert das Folgende nur eine von ihnen: Raymond Ruyer¹⁶: «La science des machines à information»; Georg Klaus¹⁷: «Die Theorie des Zusammenhanges möglicher, dynamischer, selbstregulierender Systeme mit ihren Teilsystemen»; L. Couffignal¹⁸: «L'art de rendre l'action efficace» (erinnern Sie sich an Ampères Definition); F. Bonsack¹⁹: «L'étude des moyens de corréler des systèmes de telle sorte qu'ils convergent vers un but défini... la cybernétique est la servante de la finalité.»

3. Kontrolle und Information

Man kann vielleicht sagen, dass das deutsche Wort Kontrolle eine passivere Bedeutung hat als das englische Wort «control», welches vielleicht im Deutschen als «Kontrolle und Regulieren» wiedergegeben werden sollte. Aber der Einfachheit halber werde ich das deutsche Wort Kontrolle im Sinne des englischen Wortes «control» gebrauchen. Wir möchten jetzt die Aktion der Kontrolle im allgemeinen analysieren, denn der Begriff der Kontrolle ist ein Grundpfeiler, welcher die Kybernetik stützt. Lassen Sie mich mit einer selbstverständlichen Bemerkung anfangen: Um in der Lage zu sein, über Kontrolle zu sprechen, müssen wir ein kontrolliertes System A und ein kontrollierendes System B haben, die in dynamischer Wechselwirkung stehen. Wenn wir A und B als Teil eines einzigen grös-



KYBERNETISCHES KONTROLLSYSTEM

Abbildung 1

Kybernetisches Kontrollsystem

seren Systems verbinden, ist dieses grössere System ein selbstkontrollierendes System.

Das kontrollierende System B muss drei Funktionen verrichten. Erstens muss es den Zustand Z_1 des kontrollierten Systems A beobachten, und zweitens muss es auf Grund dieser Beobachtung zu einer Entscheidung kommen, was für ein Einfluss auf das kontrollierte System A ausgeübt werden soll, und drittens muss es auf Grund dieser Entscheidung etwas ausführen, das den Zustand Z_1^* des kontrollierten Systems zu Z_2 ändert. Die Ausdrücke, die ich gebraucht habe, mögen ein wenig anthropomorphisch klingen, aber es ist gewöhnlich der Fall, dass, wenn kein Missverständnis möglich ist, eine anthropomorphische Redewendung viel kürzer und leichter verständlich ist als ein Ausdruck in mechanistischen Begriffen. Die erste Stufe entspricht der Funktion eines «Rezeptors» und die dritte der Funktion eines «Effektors». Die zweite hat die Funktion eines «Entscheidungselements», welches sich auf Grund der Informationen, die von dem Rezeptor gesammelt worden sind, für eine Handlung entscheidet und demgemäss einen Befehl an den Effektor aussendet. Damit eine solche Wahl möglich wird, muss das Entscheidungselement mit einem Entscheidungsprinzip versehen sein, welches direkt oder indirekt jenen Zustand darstellt, der in der Zukunft verwirklicht werden soll. Dieser Zustand kann in einer symbolischen Form in einem angeschlossenen Informationsspeicher gespeichert werden, zusammen mit einer ebenfalls gespeicherten ausführlichen Vorschrift, die es ermöglicht, jene Handlung herauszufinden, die am ehesten zu dem bestimmten zukünftigen Zustand führen wird. Das Entscheidungsprinzip kann auch einfach ein gespeichertes Programm sein, welches auf rechnerischem Weg das Ergebnis des Rezeptors auswertet und daraus einen Befehl für den Effektor herleitet.

Betrachten wir zum Beispiel eine thermostatische Kontrolle der Zimmertemperatur. Der Thermostat, der aus einem Bimetall besteht, hat Eigenschaften, welche die Rolle des Rezeptors und des Entscheidungs-

elements vereinigen. Um die begriffliche Struktur klarzumachen, können wir uns ein einfacheres Kontrollsystem vorstellen, das eines Zimmerheizkörpers, der aus folgenden drei Teilen besteht: der erste ist ein thermoelektrischer Bestandteil, der eine elektromotorische Kraft V proportional der Zimmertemperatur Θ (in Grad Celsius) produziert. $V = \alpha \Theta$. Der zweite Teil ist ein Relaissystem, das den Stromkreis schliesst, wenn das Potential V niedriger wird als $V_0 = \alpha \Theta_0$ Volt, und das den Stromkreis öffnet, wenn das Potential über $V_1 = \alpha \Theta_1$ Volt ansteigt, wobei Θ_1 etwas höher ist als Θ_0 ($\Theta_1 = \Theta_0 + \epsilon$, $\epsilon > 0$). Der dritte Teil des Systems ist der Zimmerheizkörper selbst, der sich erwärmt, wenn der Stromkreis durch das Relais geschlossen wird. In diesem System ist der thermoelektrische Bestandteil der Rezeptor, das Relais spielt die Rolle des Entscheidungselementes, und der Heizkörper ist der Effektor. Mit anderen Worten gesagt, die Sollwertstellung des Relais besteht in diesem System darin, dass es zwangsweise bei einer Spannung unter V_0 geschlossen wird, dass es offen oder geschlossen bleibt für die Spannung zwischen V_0 und V_1 , je nach dem zuletzt angenommenen Zustand, und dass es sich bei einer Spannung über V_0 öffnet. Diese Sollwerteinstellung ist das gespeicherte Entscheidungsprinzip.

Wenn die Temperatur sinkt, dann bewirkt das Kontrollsystem eine Erhöhung der Temperatur. Wenn wir einen automatisch kontrollierten Raumkühler mit einem automatischen Heizkörper verbinden, dann wird das Kontrollsystem auch versuchen, sich der Steigerung der Temperatur zu widersetzen. Kurz gesagt, in diesem Kontrollsystem, wie in vielen anderen Kontrollsystemen, neigt die Wirkung dahin, sich der Ursache entgegenzusetzen. Dies ist eine negative Rückkopplung. Die Wirkung einer positiven Rückkopplung würde die Ursache steigern. Das homöostatische Gleichgewicht und der Servomechanismus fordern eine negative Rückkopplung. Ashby²⁰ zum Beispiel hat der Homöostase ein so starkes Gewicht beigelegt, dass er den Eindruck gegeben hat, dass die Kybernetik synonym mit der negativen Rückkopplung oder der Homöostase sei. Aber die Homöostase ist nicht die einzige Wirkungsweise des Entscheidungselementes, genau wie das Gesetz Le Châteliers kein universales Gesetz der Physik ist.

Ein paar zusätzliche Bemerkungen dürften hier erwähnt werden. Im Vorhergesagten benutzten wir das Wort Rückkopplung in der Bedeutung Rückkopplung durch den «Effektor» des Kontrollsystems zurück zum kontrollierten System. Aber wir können unseren Gesichtspunkt auch umkehren und die Reaktion des kontrollierten Systems betrachten und den Rezeptor als eine Rückkopplung ansehen. In einem gewissen, begrenzten Sinn sind die Rollen des kontrollierenden und kontrollierten Systems auswechselbar, und es ist am wichtigsten, zu wissen, dass ihre Wechselwirkung gewöhnlich nicht eine einmalige, sondern eine sich fortsetzende oder sich wiederholende Angelegenheit ist.

Es ist manchmal wichtig, in einer gewissen Kategorie von komplizierteren Kontrollsystemen einen «Vorhersager» im Entscheidungselement einzubauen, dessen Aufgabe es ist, den Zustand (Z_1^*) des kontrollierten

Systems in dem Moment zu bestimmen, in dem die Handlung des Effektors einsetzt. Z_1^* soll von Z_1 durch eine vorhersagende Hypothese, die auf vorangegangenen Erfahrungen beruht, abgeleitet werden. Dies ist besonders für ein sich schnell änderndes kontrolliertes System notwendig, um die Kontrollhandlung wirksam zu machen. Als Schlussbemerkung möchte ich noch hinzufügen, dass jener Teil des kontrollierten Systems, der von dem kontrollierenden System mit dem Rezeptor beobachtet wird, derselbe oder auch nicht derselbe Teil sein kann, in dem der Effektor einen Wechsel verursacht. Daraus geht hervor, dass das Objekt des Rezeptors und das Objekt des Effektors vollkommen verschiedene Systeme sein können. Das aus diesen beiden kombinierte System wird dann als das kontrollierte System betrachtet.

Was dieses Drei-Komponenten-System als eine Einheit wirksam macht, ist natürlich die Verbindung zwischen den dreien. Dabei ist der Energieaufwand von untergeordneter Bedeutung; wichtig ist der Austausch von Signalen oder die Auslösung von Reaktionen. Mit anderen Worten, die Wirksamkeit beruht auf Informationsaustausch. Die Verbindung zwischen dem Rezeptor und dem Entscheidungselement überträgt die Information über den gegenwärtigen Zustand Z_1 des Objektes. Die Verbindung zwischen dem Entscheidungselement und dem Effektor überträgt die Information über den Inhalt der gemachten Entscheidung. Am wichtigsten dabei ist die Überlegung, dass die Information nicht die Übertragung eines physikalischen Phänomens direkt ist, sondern eine symbolische Repräsentation dieses Phänomens. Zum Beispiel das Potential V ist eine symbolische Repräsentation der Temperatur θ . Der Rezeptor ist daher ein Informationssender, der Effektor ein Informationsempfänger, das Entscheidungselement ist ein Informationsverarbeiter. Doch ist das Entscheidungselement auch ein Empfänger der Information, die von dem Rezeptor kommt, und zu gleicher Zeit der Sender einer anderen Information zum Effektor. Folglich muss sich die Kybernetik in der Hauptsache auf eine Theorie der Information stützen.

Die eben angeführte Erklärung könnte den Eindruck erweckt haben, dass die Informationstheorie ein ausgedehnteres System darstellt, in dem die Kybernetik nur ein Teilgebiet ist. Eine einfache Überlegung wird aber zeigen, dass es Information ohne einen «Rezeptor» und «Effektor» nicht gibt. Im Augenblick jedoch, wo Rezeptor und Effektor in Erscheinung treten, wird die Überlegung ein Teil der Kybernetik. Im vorangegangenen Beispiel deutet das elektrische Potential an sich keine Temperatur an. Nur wegen der bestimmten Art und Weise der Kupplung zwischen dem elektrischen Stromkreis und dem Aussensystem wird das Potential zum Informationsträger. Dasselbe trifft auch zu, wenn wir den elektrischen Strom in einem Telefonkabel betrachten. Ein Informationskanal passt in das Schema eines Kontrollsystems, wie es oben beschrieben wurde, wenn wir annehmen, dass das Entscheidungselement die treffende Information überträgt, ohne irgendeine Transformation damit vorzunehmen. Deshalb kann eine Informationstheorie wenigstens formell als ein Teil der Kontrolltheorie betrachtet werden. Es ist wohl wahr, dass der Sender

und Empfänger einer Nachricht zwei verschiedene Individuen sind, aber wir können beide in ein einziges Objektsystem einschliessen.

Gegenwärtig wird der Ausdruck Informationstheorie in den Vereinigten Staaten in einem viel engeren Sinn als in Europa benutzt, nämlich im Sinne einer statistischen Theorie der Kommunikation, wie sie etwa im Ingenieurwesen üblich ist. Die Kybernetik muss ausser der Informationstheorie im weitesten Sinne die Theorie und das «engineering know-how» über Rückkopplung und Servomechanismus einschliessen. Die Wichtigkeit der nichtlinearen Rückkopplung ist auch sehr bekannt.

Aus dieser Erklärung geht hervor, dass Wieners Definition, die «Kontrolle und Kommunikation» in einem Atemzug erwähnt, keine willkürliche Nebeneinanderstellung ist, sondern dass sie auf eine tiefgehende, gegenseitige Abhängigkeit der zwei Begriffe hinweist.

Meine Damen und Herren, es gibt viele Definitionen über das Thema, was ein Mensch ist; manche Erklärungen sind oberflächlich, manche tief, einige witzig, andere aufklärend. Der Mensch ist ein zweifüssiges Säugetier, der Mensch ist ein sprechendes Tier, der Mensch ist ein lachendes Tier usw. Eine der aufschlussreichsten Definitionen bezeichnet den Menschen als ein werkzeugmachendes Tier. Tiere benutzen Werkzeuge, aber sie erzeugen sie nicht. Es ist wohl bekannt, dass eine Kultur von dem Material, aus dem Handwerker hauptsächlich Werkzeuge machen, tief beeinflusst wird: Stein, Bronze, Eisen usw. sind Kennzeichen eines Zeitalters. Es ist deshalb ganz natürlich, dass auch die Nutzweise der Werkzeuge den Typus der Zivilisation vielleicht sogar noch lebendiger charakterisieren könnte. Nach der Nutzweise oder Funktion eingeteilt, gibt es vier Hauptkategorien von Maschinen.

Zu den einfachsten Maschinen, die ich geometrische Maschinen nennen möchte, gehören alle diejenigen Werkzeuge, die nicht in der Übertragung von Energie verwickelt sind. Ein Kasten, ein Tisch, ein Regal, ein Stativ, eine Papierklammer, eine Tasse sind geometrische Maschinen. Die nächsthöhere Klasse ist die Klasse der intensitätverwandelnden Maschinen. Der Ausdruck Intensitätverwandlung ist dabei folgendermassen zu verstehen: er bedeutet Veränderung in einem der Faktoren, die multipliziert Energie ausdrücken. In einer Maschine dieser Art bleibt die enthaltene Energie in der ursprünglichen Form erhalten, zum Beispiel als mechanische Energie, elektromagnetische Energie, chemische Energie, Kernenergie. Folglich ein Hebel, eine optische Linse, ein Zahnrad, ein Wechselstrom-Transformator sind intensitätverwandelnde Maschinen. Zum Beispiel ändert sich die Intensität der aufgewendeten Kraft mit der Länge eines Hebels, aber das Produkt Kraft mal Weg, das die mechanische Arbeit repräsentiert, bleibt unveränderlich. Das Energie-Erhaltungsgesetz innerhalb jeder Hauptklasse von Energieformen bestimmt die Grenze, innerhalb welcher die Umkehrung arbeiten kann. Die Herstellungsmethoden des Mittelalters und der Renaissance sind überwiegend durch Maschinen dieser zweiten Klasse charakterisiert.

Zur dritten Klasse gehört, was man energieumwandelnde oder Kraftmaschinen nennt. Sie wandeln Energie einer Hauptklasse in Energie einer

anderen Hauptklasse um. Eine Dampfmaschine wandelt chemische Energie in Hitze um und dann in mechanische Energie. Ein Atomreaktor wandelt Kernenergie in Hitzeenergie um. Eine Wassermaschine wandelt Gravitationsenergie in kinetische und dann in elektrische Energie um. Maschinen dieser dritten Klasse wurden sehr schnell seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts entwickelt und wurden, wie wohl bekannt ist, die Ursache der industriellen Revolution. Die ersten und zweiten Gesetze der Thermodynamik kennzeichnen die physikalischen Begrenzungen dieser Art Maschinen.

Das 20. Jahrhundert sieht eine rasche Folge von Erfindungen ganz verschiedener Art: Telefon, Telegraphie, Grammophon, Kino, Radio, Fernsehen, Tonband, Rechenautomaten, Fabrikautomaten usw. Diese Maschinen verbrauchen einen gewissen Betrag von Energie, aber ihre Hauptfunktion ist Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Informationen. Man kann sie auch Informationsmaschinen nennen. Es gibt ein Gesetz, das besagt, dass die an der Ausgabe erhaltene Information über die Eingabe nie grösser ist als die eingegebene Information. Man könnte dies ein Gesetz der Zerstreuung von Informationen nennen. Verschiedene Leute mögen vielleicht gern Kodierungstheoreme als die fundamentalen Gesetze der Informationsmaschinen bezeichnen, aber ihre Wichtigkeit ist an der formalen Theorie der Kommunikation begrenzt. Auf der anderen Seite ist Brillouins «Negentropy»-Prinzip³⁹, welches eine versuchte Verallgemeinerung des H-Theorems ist, hier wichtig. Das umgekehrte H-Theorem, welches später erklärt werden wird, scheint das charakteristische Gesetz der Kybernetik zu sein, welches eine Informationsmaschine beherrscht. Der starke Einfluss der Informationsmaschinen auf unser modernes Leben kann nicht genug hervorgehoben werden. Der Sturz des «quatrième état» und der Aufstieg des «cinquième état» wurde schon in dem satirischen Manifesto der «atomic party»^{21/22} im Jahre 1948 proklamiert, aber die politischen Probleme, die durch die Geburt von Informationsmaschinen oder Kybernetikmaschinen aufgeworfen wurden, sind immer noch weit entfernt von einer Lösung. Jedoch die Zukunft der Menschheit hängt wesentlich von einer weisen und gerechten politischen Lösung dieser Probleme ab.

Nebenbei könnte man noch erwähnen, dass ein Tierkörper alle Arten von Werkzeugen in sich selbst hat. Die Blase ist eine geometrische Maschine, die Muskeln sind Energieverwandler, die Gelenke sind Intensitätsumwandler, und das Nervensystem ist eine Informationsmaschine. Im gewissen Sinne ist die Geschichte der materiellen Zivilisation eine Geschichte der Imitation des menschlichen Körpers. Der Mensch wollte einen mechanischen Diener haben, um einen Teil seiner Körperfunktionen schmerzloser und wirksamer zu tun. Dieser Wunsch brachte alle «stage props» der modernen Welt hervor. Wenn jemand fragt, ob eine Maschine sich selbst reproduzieren kann, so würde von Neumann bejahend antworten²⁹. Angenommen, dass Maschinen sich selbst reproduzieren könnten, so erhebt sich die Frage, ob es eine Evolution dieser Maschinen geben könnte. Diese Frage würde eine Reihe höchst interessanter Diskussionen entfesseln, aber ich kann leider darauf hier nicht eingehen.

4. Epistemometrik

Ich habe dargelegt, dass die Kybernetik eine Informationstheorie nötig hat und dass eine Informationstheorie nur in einer kybernetischen Interpretation Bedeutung erlangt. Jedoch ist die sogenannte Informationstheorie besonders in der in Amerika gebräuchlichen Definition so begrenzt, dass sie nicht die Bedürfnisse der Kybernetik erfüllen kann. Eine Informationstheorie im weiteren Sinne wurde versuchsweise in meinem Buch²³ Epistemometrik genannt. Ich versuchte damit klarzumachen, dass das richtige System die Kommunikationstheorie nur als kleine Komponente enthält. Die Epistemometrik ist ein quantitatives Studium der formalen Aspekte von Vorgängen, die wir allgemein als Wissen, Raten und Mitteilen bezeichnen. Die Epistemometrik betrifft den «formalen» Aspekt, weil es sich wie in der Logik um abstrakte Beziehungen unter Aussagen handelt. Die Epistemometrik ist jedoch quantitativ in dem Sinn, dass sie sich nicht mit Wahrheit und Falschheit befriedigen lässt, sondern die Beziehungen mit Hilfe von Wahrscheinlichkeit und entropischen Funktionen ausdrückt. Beschränkung auf die Form führt zum Verlust eines Aspektes der Kybernetik: die Verbindung zwischen dem «Symbol» und dem wirklichen Objekt oder der Tatsache, die es repräsentiert. Die Epistemometrik kann den Grund der Wahrheit diskutieren, wie die konventionelle Epistemologie es tut, aber die empirische «Welt der Dinge» hinter wahren Behauptungen wird undiskutiert bleiben. Gewissermassen sollte man die traditionelle Logik und die Theorie der Wahrscheinlichkeit und die Epistemologie in die Epistemometrik als Bestandteile einverleiben.

Als einen ihrer Hauptzweige schliesst die Epistemometrik die quantitative Theorie der deduktiven und induktiven Inferenz ein^{24/25}. Dies ist notwendig, weil deduktive und induktive Inferenz wissenschaftliche Vorhersage möglich macht. Und die wissenschaftliche Vorhersage ist eine unentbehrliche Funktion der Kybernetiksysteme. Wir haben schon gesehen, dass Vorhersage des Zustands Z_1^* , ausgehend von Zustand Z_1 , ein notwendiger Bestandteil der kybernetischen Kontrolle war. Aber es gibt einen noch gewichtigeren Grund, warum die wissenschaftliche Vorhersage und die Kybernetik untrennbar sind. Der Rat, den die Wissenschaft liefert, ist immer von dem Typus: «Wenn du X tust, dann wirst du Y bekommen.» In einer kausalen Beschreibung ist X die Ursache des Effektes Y; vom Gesichtspunkt eines (erfolgreichen) Benutzers der Wissenschaft ist Y der Zweck, und X ist sein Mittel. Das Entscheidungselement eines kybernetischen Systems muss verschiedene mögliche Y im Licht des Entscheidungsprinzips abschätzen, und es wählt das besondere X, welches höchstwahrscheinlich das erwünschte Y produzieren wird. Hier kann die kausale Verbindung ($X \rightarrow Y$) nur durch Deduktion von einer gewissen Hypothese geschaffen werden. Die Aufstellung einer Hypothese und die Abschätzung ihrer Zuverlässigkeit können erst durch Induktion, die auf der vergangenen Erfahrung aufbaut, ermöglicht werden. Solch wissenschaftliche Handlungen können nicht immer von einem einzelnen kybernetischen Kontrollsystem ausgeführt werden; eine Anzahl von kontrol-

lierenden Systemen wird in vielen Fällen notwendig sein. Diese Notwendigkeit führt zu Tradition und Zusammenarbeit in den Wissenschaften.

Der Epistemometrik nahe verwandt ist die Theorie der Organisation, weil der erste Schritt in jeder kognitiven Tätigkeit die Erkennung einer gewissen Organisation, einer Struktur oder eines Musters in einer Anhäufung mannigfaltiger Elemente ist, wie sie die Welt der Erfahrung bietet. Eine Kollektion von Elementen kann als gut organisiert betrachtet werden, wenn das Funktionieren des Ganzen genau bestimmbar ist, während das Funktionieren der Elemente ungenau bestimmt ist. Der Grad der Bestimmbarkeit des Funktionierens eines Objektes kann von der Entropiefunktion gemessen werden, wenn die möglichen Handlungen des Objektes sich mit Wahrscheinlichkeitswerten ausdrücken lassen. Es ist deshalb ganz natürlich, als Massstab der Organisation die Quantität²⁶ einzusetzen:

Grad der Organisation =
(Summe der Entropien von Elementen) minus
(Entropie des Ganzen).

In einem gewissen Sinne kann man behaupten, dass die Informationstheorie aus der Notwendigkeit für eine mathematische Methode geboren wurde, die in der Lage war, das Problem der Organisation in einer Versammlung von Individuen mathematisch auszudrücken. Um 1930 kam Niels Bohr auf den Gedanken, Besonderheiten der Kernreaktionen so zu erklären: Der Zustand eines Kernteilchens ist viel stärker von dem Zustand seiner Nachbarn abhängig als der Zustand eines Elektrons von dem Zustand seines Nachbarn. Mit anderen Worten, die Kollektion der Nukleonen ist viel mehr organisiert als die Kollektion der Elektronen. In einer Arbeit²⁷ schlug ich 1939 unter der Leitung von Werner Heisenberg vor, die Entropie als Massstab der Organisation zu gebrauchen. In dieser Arbeit wurde klargemacht, dass die Entropiefunktion zwei scheinbar unabhängige Interpretationen erlaubt. Erstens drückt sie den Grad der Unbestimmtheit oder den Grad der Unwissenheit des genauen Zustandes des individuellen Systems aus. Zweitens drückt sie die Stärke der gegenseitigen Abhängigkeit der individuellen Systeme aus, folglich den Grad der Struktur. In der Informationstheorie der Kommunikation, die viel später, um 1949 herum, entwickelt wurde, entspricht die erste Interpretation der Quantität, Information genannt, mit umgekehrtem Vorzeichen, und die zweite entspricht der Quantität, die Redundanz genannt wird. Diese zwei Begriffe können durch eine einzige Quantität ausgedrückt werden, weil im Falle eines physikalischen Systems, welches als Ganzes in einem reinen Quantenzustand ist, die Entropie des ganzen Systems in der oben genannten Formel Null wird. Als Resultat wird der Grad der Organisation einfach die Summe der Entropien der individuellen Elemente^{26/28}. Auf jeden Fall war diese Arbeit 1939 die erste Arbeit, welche die Entropiefunktion auf wirkliche Probleme anwandte, indem sie dieser

Funktion eine Bedeutung gab, die unabhängig von der Thermodynamik war und somit die Unabhängigkeit der Informationstheorie anzeigte. Die Informationstheorie, wie sie in dieser Arbeit 1939 angebahnt wurde, ist viel allgemeiner als die Informationstheorie, die später entwickelt wurde. Sie kann auch auf den Fall angewandt werden, wo unsere statistische Kenntnis des Systems nicht als eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, sondern als eine bestimmte positiv-definite, hermitesche Matrix ausgedrückt wird.

5. Tier und Maschine, Einheit der Kybernetik

So viel über die notwendige Verallgemeinerung der Informationstheorie. Unser Argument ging davon aus, zu erklären, warum N. Wiener das Wortpaar «Kontrolle und Kommunikation» in seiner Definition der Kybernetik nebeneinander gestellt hatte. Es gibt noch ein anderes Wortpaar «Tier und Maschine», in seiner Definition, das ich nun diskutieren möchte. Es ist unverkennbar, dass das Kontrollsystem, wie es in Abbildung 1 beschrieben ist, sich fast auf alle Tiere und viele Kontrollmaschinen bezieht, angefangen mit Watts Dampfmaschinenregulator bis zur computerkontrollierten Automatenfabrik. Wir haben auch gesehen, dass alle andern Informationsmaschinen in das Schema von Abbildung 1 hineinpassen. Es ist nur nötig, eine erweiterte Interpretation den Komponenten des kybernetischen Kontrollsystems zu geben. Wenn die Grundprinzipien der Funktionen in gewisser Hinsicht zwischen Tieren und kybernetischen Maschinen dieselben sind, dann sollte es keinen Grund zur Überraschung geben, wenn wir eine fast allgegenwärtige Ähnlichkeit in den Einzelheiten der physikalischen Verwirklichung dieser Funktionen in den beiden Klassen von Objekten finden. Diese Gleichartigkeit kann jedoch nur auf einer gewissen Stufe der Abstraktion erkannt werden. Zum Beispiel sind die Neuronen in Tieren und die Stromkreise in den meisten elektronischen Rechenmaschinen ähnlich in dem Sinne, dass sie beide auf binären Zuständen beruhen. Nach McCullough-Pitt rechnen die Synapsen in dem Neuronennetz Boolesche Funktionen für ihre Eingabereize, ähnlich arithmetischen Komponenten in binären Rechenmaschinen. Es gibt eine endlose Liste von Ähnlichkeiten zwischen Tieren und kybernetischen Maschinen. Diese Liste schliesst solch interessante Ähnlichkeit ein wie die Existenz von Rhythmen der Operationen in Tieren und Maschinen, aber auch solch relativ oberflächliche Ähnlichkeit wie die Tatsache, dass der Informationsspeicher in beiden Arten von Objekten mehr eine zweidimensionale als eine dreidimensionale Ausdehnung hat.

Die parallele Erwähnung von Tier und Maschine in Wieners Definition von der Kybernetik geht über eine tatsächliche Beschreibung der Ähnlichkeit hinaus. Wiener beabsichtigt damit folgenden Rat: «Lerne mehr von Tieren, indem du ein mechanisches Modell von ihnen machst, und verbessere deine Maschine, indem du die Tiere imitierst.» Dieser Ratschlag hat sich als so fruchtbar erwiesen, dass verschiedene Leute sogar behaupten, dass der wirkliche Wert der Kybernetik nur in der heuristischen

Methodik liegt, die durch diesen Rat angedeutet wird. Meiner Meinung nach hat die Kybernetik ihren Wert jenseits dieses praktischen Ratschlages. Ausserdem hat dieser Ratschlag seine natürlichen Grenzen. Denn die Differenzen in den physikalischen Substraten der logischen Komponenten lassen sich doch dadurch fühlen, dass die wirksamste Methode, eine gegebene komplizierte Aufgabe zu lösen, nicht dieselbe sein kann. Ein gutes Beispiel ist Spracherkennung. Es gibt keinen Zweifel über die Durchführbarkeit dieser Aufgabe mit einer rechenmaschinenartigen Vorrichtung. Aber die Maschine wird unvergleichlich schwerfälliger ausfallen als jenes Meisterstück der Natur, das Ohren und Gehirn genannt wird. Sogar die einfache Informationsspeicherung in Gehirnen scheint auf einem verschiedenen Prinzip als auf dem einer elektronischen Speichervorrichtung zu beruhen. In einem menschlichen Gehirn ist eine Information durch Assoziation von Ideen wieder hergestellt, während die Information in einem elektronischen Speicher durch die eindeutige Korrespondenz zwischen Adresse und Inhalt wiederhergestellt wird. Ich bin auch nicht ganz davon überzeugt, dass die Anzahl von Neuronen und die Anzahl von möglichen Konditionen bei jeder Synapse im menschlichen Körper genügt, um die Kapazität des menschlichen Gedächtnisses zu erklären.

Die Funktion des menschlichen Gehirns mit einer Turingschen Maschine zu vergleichen, ist doch eine recht zweifelhafte These. Die Theorie der rekursiven Funktionen und das Prädikatkalkül sind viel zu einfache Abstraktionen, um die rationellen Funktionen des menschlichen Gehirns zu beschreiben. Dieser Verdacht kommt uns schon, wenn wir introspektiv unsere natürlichen Erkennungs- und Folgerungsverfahren untersuchen. Eine unerwartete, kürzlich entdeckte Tatsache scheint diesen Verdacht weiter zu bestärken: Neuere elektrophysiologische Experimente beweisen, dass der alles-oder-nichts binäre Zustand der Neuronen nur in der Fernübertragung der Neuronensignale wichtig ist. Andere Arten von allmählich oder kontinuierlich variierenden elektrischen Zuständen der Nervenzellen scheinen in komplizierteren Nervenzentren viel wichtiger zu sein.⁶² Spitzenförmige binäre Potentiale pflanzen sich fort, ohne ihre Stärke während des Durchlaufs zu vermindern, während allmähliche Potentiale der zweiten Art schwächer werden, während sie sich fortpflanzen. Die Gehirnwellen oder Elektroenzephalogramme, die den elektrischen Zustand des Gehirns aufzeichnen, sind keine Überlagerungen einer grossen Anzahl von Potentialspitzen, sondern sehr wahrscheinlich eine Überlagerung der langsam sich ändernden abgestuften Potentiale. Der Vergleich eines menschlichen Gehirns mit einer binären digitalen Rechenmaschine (die eine Turing-Maschine ist) war ein der früheren Kybernetik zugrunde liegendes Bild. Natürlich ist es möglich, die elektroenzephalographischen Rhythmen mit den Auslösungsrythmen der Rechenmaschinen zu vergleichen⁶³. Andererseits deuten die allmählich sich ändernden Potentiale wahrscheinlich auf einen viel elastischeren und komplizierteren Denkungsprozess hin, als die Boolesche Logik und die Turingsche Maschine sie formulieren.

Ausserdem muss man sich auch daran erinnern, dass die Existenz von Alles-oder-nichts-Spitzenpotentialen gar nicht bedeutet, dass die Infor-

mation im Nervensystem binär kodiert ist. Im Gegenteil, die Information ist im Nervensystem mit Hilfe der Anzahl der Spitzen je Zeiteinheit kodiert. Demnach ist das Nervensystem keine binäre Maschine, sondern eine «analoge» Maschine.

Alle diese neuen Entdeckungen würden jedoch nicht irgendein Versagen der leitenden Idee der Kybernetik bedeuten. Vielmehr würden sie uns ermutigen, eine fortgeschrittenere Logik zu untersuchen und eine Rechenmaschine zu entwerfen, die das Prinzip der Turing-Maschine übertrifft. Solch ein Bestreben würde durchaus im Rahmen von Wieners Ratschlag bleiben. Was ich betonen möchte, ist, dass man, um die Funktionen des Menschen vollkommen mit einer Maschine nachahmen zu können, wahrscheinlich die Maschine aus denselben Proteinen nachbilden müsste, aus denen sich der menschliche Körper zusammensetzt. Trotz der unvermeidlichen Schranken, die teilweise von den Unterschieden der Komponenten herrühren, ist es jedoch höchst bedeutungsvoll, dass das Modell eines kybernetischen Kontrollmechanismus einen beträchtlichen Grad von Ähnlichkeit zwischen Maschinen und Tieren beschreiben kann.

Jetzt müssen wir uns folgendes fragen: Ist die Kybernetik eine Wissenschaft oder eine Methode? Wiener selbst schreibt in Colliers Encyclopedia³⁰, dass er das Wort Kybernetik brauchte, um die verschiedenen Wissenschaften, die mit Kommunikation und Kontrolle zu tun haben, mit einem Wort zu bezeichnen, das ihre methodologische Einheit ausdrückt. Diese Einheit liegt in dem statistischen Begriff der Information, als etwas, das von dem Wahrscheinlichkeitsbegriff hergeleitet worden ist. Dieser gemeinsame Wahrscheinlichkeitsgesichtspunkt ist es, den er im Gegensatz zu dem Newtonschen deterministischen Gesichtspunkt als «die Gibbs-Lebesguesche Denkweise»³¹ bezeichnet.

Die Gibbs-Lebesguesche Denkweise gipfelt in den Ergodensätzen, von denen eine Version auf Wiener selbst zurückgeht. Birkoff³² und von Neumann³³ sind unter den vielen anderen, die zu der Ergodentheorie beigetragen haben. Der Begriff der Ergodizität ist im hohen Grade technisch. Obgleich eine unmathematische Beschreibung des mathematischen Theorems die Gefahr in sich trägt, missverstanden zu werden, lässt sich die Idee etwa so ausdrücken: Betrachten wir eine Anzahl von Individuen, deren Verhalten von demselben statistischen Gesetz beherrscht wird, und nehmen wir an, dass die Zahl der Individuen in jedem Zustand proportional der Wahrscheinlichkeit des Zustandes ist. Folgt man den Zuständen eines einzigen Individuums, wie es sich mit der Zeit verändert, so ist im allgemeinen sein Lauf deterministisch nicht vorausszusehen, nichtsdestoweniger durchläuft er jedoch auf die Dauer alle die Zustände, die zum gleichen Zeitpunkt von verschiedenen Individuen der Population gleichzeitig eingenommen werden. Dabei ist die Zeitlänge, die ein Individuum in jedem Zustand verbringt, proportional der Anzahl der Vertreter, die diesen besonderen Zustand in jedem Moment einnehmen, das heisst proportional der Wahrscheinlichkeit des Zustandes. Diese Eigenschaft eines Individuums, die im Laufe der Zeit die gleichzeitige Verschiedenheit des Zustandes der Mitglieder der Gesamtheit widerspiegelt, heisst Ergodizität.

Diese Eigenschaft rechtfertigt die Anwendung des Wahrscheinlichkeitsbegriffes, auch wenn nur ein Einzelwesen zur Beobachtung vorhanden ist. Die Ergodizität ist im übrigen erforderlich, um die Informationstheorie der Mitteilungen wirksam zu machen, denn der Informationsinhalt einer einzigen Kette von Symbolen wird mit Hilfe der Wahrscheinlichkeiten gemessen. Und diese sind im wesentlichen Eigenschaften einer Sammlung von solchen Ketten. Ausserdem kann man dem thermodynamischen Theorem der Entropiezunahme eine richtige Interpretation nur im Licht der Ergodizität des physikalischen Systems verleihen. Auf jeden Fall gibt es keinen Zweifel über die zentrale Rolle, die von der Idee der statistischen Gesamtheit und der Idee des Masses in der kybernetischen Methodologie gespielt wird.

Nun ist es bemerkenswert, dass Norbert Wiener im allgemeinen die Kybernetik nicht als Wissenschaft, sondern als eine gemeinsame Methode betrachtet, die auf eine Vielheit von Phänomenen anwendbar ist, die traditionsgemäss zu verschiedenen Disziplinen gehören. Er schreibt im Vorwort der zweiten Auflage (1962) seiner «Kybernetik» wie folgt: «Nun glaube ich, dass die Zeit gekommen ist, wo die Kybernetik nicht nur als ein Programm, sondern als eine existierende Wissenschaft von neuem in Erwägung gezogen werden muss.» Soll man die Kybernetik tatsächlich als Wissenschaft betrachten? Meine Antwort ist «ja». Der Grund ist, dass das Wesen der gemeinsamen Züge, die in verschiedenen Gebieten durch die kybernetische Methode entdeckt worden sind, nicht zufällig und von der formalen und mathematischen Natur, sondern gesetzmässig und von der empirischen und wissenschaftlichen Natur ist.

Was ich mit dem letzten Kriterium meine, mag klarer werden, wenn wir ein anderes Beispiel betrachten. Es gibt einen Zweig der angewandten Mathematik, Theorie der Schwingung genannt. Wir fangen mit der Tatsache an, dass verschiedene physikalische Systeme, wie zum Beispiel ein einfaches mechanisches Pendel und ein elektrischer Stromkreis mit Induktionsspule und Kondensator, durch dieselbe Differentialgleichung beschrieben werden können. Weiterhin folgt eine ganze Reihe von Ähnlichkeiten, darunter ein mathematisches Theorem über eine Integrationskonstante, die dem physikalischen Gesetz der Energieerhaltung entspricht, sowohl mechanisch wie auch elektromagnetisch. Jedoch bleibt im Rahmen der angewandten Mathematik die Ähnlichkeit rein formal. Es wird in diesem Fall kein gemeinsames Grundgesetz geben, von dem die Gleichung des einfachen Pendels und die des elektrischen Oszillators gleichzeitig abgeleitet werden. Die Situation ist ganz anders, wenn wir die Theorie der Wellenfelder von elementaren Teilchen betrachten. Wir haben einen Energieerhaltungssatz des elektromagnetischen Feldes und einen Energieerhaltungssatz des Elektronenfeldes. Diese beiden sind nicht zufällig ähnlich gesetzt. Tatsache ist, dass alle diese Energieerhaltungsgesetze der verschiedenen Felder von einem einzigen physikalischen Gesetz herkommen, nämlich dem, dass die Dichte der Lagrangeschen Funktionen invariant für die Verschiebung in der Zeit sein muss. Dieses letzte Gesetz ist genau so grundlegend wie das Gesetz der Invarianz für

die Lorentz-Transformation. Die Theorie der Wellenfelder der Elementarteilchen, die auf dem physikalischen Gesetz der vierdimensionalen Invarianz beruht, ist ohne Zweifel eine echte Wissenschaft. Die Kybernetik fusst auf der empirischen Tatsache, dass alle Kontroll- und Informationssysteme die Struktur, wie in Abbildung 1 beschrieben, aufweisen, ganz gleich, ob das System ein belebter oder unbelebter Gegenstand ist, ob es ein elektrisches oder mechanisches oder neurales System ist. Die Allgemeingültigkeit dieser Struktur ist kein Zufall, sie ist von derselben Funktion bedingt. Folglich kommt die Ähnlichkeit, die in vielen kybernetischen Systemen existiert, von einem empirischen gesetzartigen Sachverhalt her. Ausserdem hat die formale Seite der Kybernetik, das heisst die Epistemometrik, einen einzigen abstrakten Forschungsgegenstand: die Information. Wir können sie als dasselbe Forschungsobjekt höherer Abstraktion erkennen, ganz gleich, ob sie durch ein Neuron oder einen Kupferdraht geleitet wird. Darum vertrete ich den Standpunkt, dass die Kybernetik nicht nur eine Methode, sondern eine Wissenschaft ist. Der Grund dafür ist, wie gesagt, dass die Einheitlichkeit der Methode in diesem Fall nicht zufällig ist, sondern von einer gesetzgleichen Einheit herrührt, die eben in den Forschungsobjekten existiert.

Erinnern wir uns daran, was Ampère vor mehr als einem Jahrhundert gesagt hat. Die Wissenschaften müssten nicht nur nach der Art ihrer Gegenstände, sondern nach ihren Gesichtspunkten eingeteilt werden. In der Physik können wir die Natur in Elektronen, Photonen, Nukleonen, und so weiter einteilen, und wir können die Phänomene in mechanische, elektrische und so weiter einteilen. Wir wissen aber auch, dass kein physikalisches System den Gesetzen der Thermodynamik entrinnen kann. Die Thermodynamik repräsentiert einen bestimmten Gesichtspunkt und ist eine Wissenschaft, die alle anderen Fächer der Physik kreuzt. Der Gesichtspunkt der Kybernetik wiederum ist eine Verallgemeinerung des Gesichtspunktes der Thermodynamik. Im gewissen Sinn ist die Kybernetik ein natürlicher Auswuchs der Thermodynamik und ist anwendbar auf physikalische sowie auch nichtphysikalische Systeme. Genau so, wie man der Thermodynamik den Rang einer Wissenschaft nicht abstreiten kann, muss man ihn auch der Kybernetik zubilligen.

6. Kybernetik und Zeitbegriff

Ich möchte zum Schluss noch ein Problem diskutieren, das auch in den beiden Büchern Wieners behandelt wird, das aber von den meisten Autoren über Kybernetik ignoriert wird, nämlich den Begriff der Zeit. Das erste Kapitel von Wieners erstem Buche trägt den Titel «Die Newtonsche und Bergsonsche Zeit». In seinem zweiten Buch «The Human Use of Human Beings» spricht Wiener häufig von der Einbahncharakteristik der Zeit, die durch die Entropiezunahme bedingt ist. Wie ist denn die Beziehung zwischen der Kybernetik und dem Begriff der Zeit zu verstehen? Es gibt keine fertige Antwort auf diese Frage.

Wiener erwähnt in dem Buch «Cybernetics»¹ mindestens drei Berührungspunkte zwischen der Kybernetik und der Einbahncharakteristik der Zeit. 1. Die Kybernetik ist eine Wissenschaft, die nach dem Gibbsschen Gesichtspunkt aufgebaut ist, und dieser Gesichtspunkt muss als der einzige theoretische Gesichtspunkt, der fähig ist, eine stichhaltige Erklärung des Entropiesatzes zu geben, betrachtet werden, weil er die mathematische Grundlage für das H-Theorem und die Ergodensätze liefert. 2. Der Begriff der Information hängt von Symbolen ab, die in einer bestimmten Reihenfolge in der Zeit dargestellt werden. Daher setzt die Möglichkeit des Nachrichtenaustausches die Übereinstimmung der Zeitrichtung voraus, wie Wiener es ausdrückt: «Innerhalb irgendeiner Welt, mit welcher wir Mitteilungen austauschen können, ist die Richtung der Zeit einheitlich³⁴.» 3. Woanders schreibt Wiener³⁵: «Die Beziehung Eingabe–Ausgabe ist eine zeitlich geordnete Beziehung und setzt eine bestimmte Vergangenheit-Zukunft-Richtung voraus.»

Es ist interessant, zu bemerken, dass ein sowjetischer Philosoph, I.B. Nowik, in seiner letzten Arbeit die Kybernetik in zwei Hauptbestandteile zerlegt³⁶: der eine ist der formalisierte funktionale Aspekt, der andere Eindringen in verschiedene Gedankenkreise der Idee der Information, insbesondere im Zusammenhang mit den *antientropischen* Prozessen.

Seit dem Anfang der Thermodynamik war es eine weitverbreitete Vermutung unter Wissenschaftlern und Philosophen, dass belebte Organismen Prozessen unterworfen sind, die mindestens dem Anschein nach den zweiten Satz der Thermodynamik, das heisst den Satz der zeitlichen Entartung der Energie, verletzen. Während die unbelebte Welt die Neigung hat, wie der Entropiesatz besagt, Differenzen auszugleichen und die universelle Gleichmässigkeit zu erreichen, scheinen belebte Objekte die Neigung zu haben, Differenzen zu schaffen und freie Energie in sich anzuhäufen. Es ist wohl bekannt, dass Henri Bergson ein beredter Förderer dieser Idee war. Zum Beispiel sagt er³⁷: «Toutes nos analyses nous montrent en effet dans la vie un effort pour remonter la pente que la matière descend.» Zwar gebraucht Wiener den Namen Bergsons in dem Titel des ersten Kapitels seines Buches «Cybernetics», aber erst in seinem zweiten Buch «The Human Use of Human Beings» erwähnt er ausdrücklich die Tendenz des Lebens, sich gegen den Strom des Entropiezuwachses zu sträuben. Er schreibt³⁸: «Während das Universum als Ganzes die Tendenz hat, abzulaufen, gibt es lokale Enklaven, deren Richtung der Richtung des Universums, als Ganzes, entgegengesetzt zu laufen scheint und in denen eine beschränkte und zeitweilige Tendenz für den Zuwachs der Organisation herrscht. In einigen dieser Enklaven findet das Leben Unterkunft. Dieser Gesichtspunkt ist im Grunde genommen der Ausgangspunkt, aus dem sich die neue Wissenschaft der Kybernetik entwickelte.»

Unabhängig von Wiener begann Léon Brillouin – der ebenfalls einer der Begründer der Informationstheorie ist – eine Reihe von Untersuchungen. Der Gegenstand seiner Untersuchungen war das Problem des anti-entropischen Verhaltens des Lebens im Licht der Informationstheorie. Brillouins Ansichten sind in seinem Buch «Vie, Matière et Observation»

zusammengefasst^{39/40}. Ein Ergebnis seiner Untersuchungen nennt er das Prinzip der Negentropie. Darin wird behauptet, dass die Summe von Information und Negentropie im Verlaufe der Zeit nicht zunehmen könne. Das aber ist eine Verallgemeinerung des zweiten Satzes der Thermodynamik.

Zu Beginn der dreissiger Jahre stand ich unter starkem Einfluss von Prof. S. Fujiwhara⁴¹, einem Meteorologen, der später Direktor des zentralen meteorologischen Observatoriums von Japan wurde. Er beschrieb viele interessante Beobachtungen über die anti-H-theoremische Tendenz in Lebensphänomenen und manchmal sogar in leblosen physikalischen Phänomenen offener Systeme. Das Interesse, das Fujiwhara in mir erweckte, wurde beim Lesen der Schriften Bergsons weiter verstärkt. Ich fand einige Berührungspunkte zwischen Bergsons Idee der «durée pure» und der Auffassung der Zeit in der modernen Physik⁴². Aber erst im Jahre 1960 veröffentlichte ich, was ich das inverse H-Theorem in der induktiven Inferenz nenne⁴³. Dieses inverse H-Theorem hat nur einen engen Anwendungsbereich und hat nicht die Aufgabe, alle Anti-H-Theorem-Tendenzen in Lebewesen zu berücksichtigen. Es ist jedoch von Bedeutung, weil es das erste Theorem überhaupt ist, das mathematisch bewiesen werden kann und auch gewisse Anti-H-Tendenzen repräsentiert.

Die grundsätzliche Idee des inversen H-Theorems ist einfach. Solange unsere Erfahrung über eine bestimmte Gattung von Phänomenen noch nicht sehr gross ist, haben wir viele miteinander wettstreitende Hypothesen über die Phänomene. Unser Zutrauen ist auf manche Hypothesen verteilt. Aber in der Masse, in der unsere Erfahrungen wachsen, konzentriert sich unser Vertrauen auf immer weniger Hypothesen. Da der Grad des Vertrauens in einer Hypothese als die persönliche Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit dieser Hypothese betrachtet werden kann, erhalten wir eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, die mit der Zeit immer schärfer und enger wird. Wenn wir nun eine Entropie mit den Begriffen dieser Wahrscheinlichkeitsverteilung definieren, wird die vorher beschriebene Verschärfung als Entropieverminderung ausgedrückt – eben das inverse H-Theorem.

1962 dehnte ich das Anwendungsgebiet des inversen H-Theorems auf gewisse Phänomene des Lernens aus⁴⁴. Definieren wir die Entropie mit Hilfe der Wahrscheinlichkeit, mit der gewisse Antworten erscheinen, dann ist das Wesentliche am Lernen eine Entropieverminderung. Ich habe eine einfache empirische Formel eingeführt, die verschiedene Fälle von Antwort-Entropieverminderung beschreibt (Abbildung 2). Diese inversen H-Theoreme können als eine der Grundlagen der Kybernetik angesehen werden, weil – nach Wiener – die Anti-H-Tendenz des Lebens von Beginn an eines der Leitmotive der Kybernetik war.

Vor einigen Jahren warf Raymond Ruyer⁴⁵ in seinem Buch «La cybernétique et l'origine de l'information» eine interessante Frage auf. Wenn Information bei der Übertragung in einer Informationsmaschine nur abnehmen kann und wenn das menschliche Gehirn als Informationsmaschine anzusehen ist, dann müsste das gesamte Wissen der Welt mit der Zeit

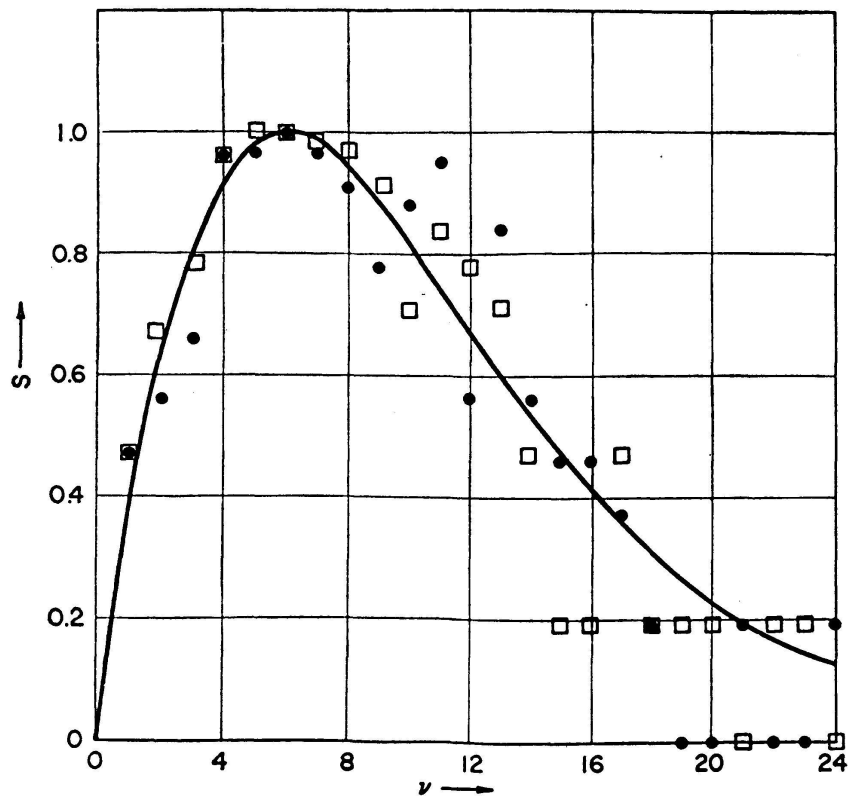


Abbildung 2

Ein typisches Verhalten der Reaktionsentropie, S als eine Funktion der Zeit, ν (Anzahl der Versuche). Die schwarzen Punkte sind Versuchsergebnisse aus einem Vermeidungsexperiment mit Hunden (Solomon-Wynn). Die Entropiefunktion wächst am Anfang an, da der Hund sich von einer bestehenden Gewohnheit lösen muss, bevor er die neue Gewohnheit lernt. Nach einiger Zeit jedoch fängt die Funktion an, in Übereinstimmung mit dem inversen H-Theorem zurückzugehen, bis ein Gleichgewichtswert erreicht wird. Für eine ausführliche Beschreibung des Experiments siehe Ref. 44.

ständig abnehmen, was offensichtlich nicht der Fall ist. «Muss dann nicht», so fragt er, «ein Ort in der Welt bestehen, wo Information laufend erzeugt wird?» Da alle unbeseelten Gegenstände und alle anderen Personen Informationsumwandler sind, kann der einzige Platz, wo Information geschaffen wird, nur das «Ich» sein, meint Ruyer.

Obgleich diese Frage eine suggestive und lohnende Bemerkung ist, so ist sie doch, streng genommen, falsch gestellt. Erstens gibt es so etwas wie einen einheitlich definierten Informationsinhalt eines physikalischen Systems nicht, und zweitens sagt die Informationstheorie nicht, dass die ausgehende Information kleiner sei als die eingegebene. Deshalb scheint Ruyers Art der Fragestellung nicht zutreffend. Ruyers Aussage ist jedoch

zutreffend in dem Sinne einer Kritik der Informationstheorie, die in den üblichen Darstellungen nicht einen einzigen Mechanismus erwähnt, der Information erzeugt. Wir wissen jedoch, dass der Vorgang des induktiven Lernens in einem gewissen Sinne uns mit neuen Informationen versieht. Es trifft zu, dass der Prozess der Induktion ein besonders grosses Mass an Erfahrung nötig macht, das heisst, dass eine grosse Informationsmenge in den Menschen «geschüttet» wird. Aber die gesamte Information ist doch endlich. Ein Ansatz, der eine allgemeine Regel über etwas darstellt, enthält dagegen eine unendlich grosse Menge von Informationen, denn sie bezieht sich auf unbegrenzt viele verschiedene Fälle eines Experimentes oder auf empirische Beobachtungen. Folglich lässt sich sagen: Wenn der menschliche Geist eine sehr plausible These als Gesetz in Betracht zieht, muss der Induktionsprozess als Schaffung von Information angesehen werden. Denn die eingegebenen Informationen, die auf experimentellen Daten beruhen, sind immer endlich, unabhängig davon, wie zahlreich sie auch sein mögen.

Es handelt sich in dem inversen H-Theorem nicht um die Unbestimmtheit im Hinblick auf das Resultat von Experimenten, sondern um die Unbestimmtheit der korrekten Hypothese. Die Annäherung der Entropie durch das inverse H-Theorem an Null bedeutet die Auswahl einer Hypothese als die einzige, die im Hinblick auf die Resultate der Experimente eine unbegrenzte Menge von Informationen einschliesst.

In seiner hochinteressanten Arbeit «Second Cybernetics» behauptet M. Maruyama⁴⁶, dass eine ganze Kategorie von Phänomenen vor allem in der Soziologie durch einen Abweichungs-Verstärkungs-Effekt oder eine positive Rückkoppelung charakterisiert sei, währenddem sich die gewöhnliche Kybernetik vor allem mit der negativen Rückkoppelung befasst. Diese Kritik kann wohl auf die vulgarisierte Idee von Kybernetik als Theorie der Homöostase angewendet werden. Aber Ashby selbst wusste schon die Wichtigkeit von der «Amplifikation»²⁰, und Wiener spricht dauernd von dem positiven Feedback. So kritisiert zum Beispiel Wiener die sogenannte zivilisierte Gesellschaft, die einige wenige Mächtige beschützt, und schreibt⁴⁷: «Von all diesen antihomöostatischen Faktoren der Gesellschaft ist die Kontrolle der Kommunikationsmittel die wichtigste und erfolgreichste.» Und wenn Maruyama von der Anti-H-Theorem-Tendenz der lebenden Dinge spricht, sagt er⁴⁸: «Im Licht des Abweichungs-Verstärkungs-Prozesses ist das Wunder (des Anti-H-Theorem-Vorganges des Lebens) gelöst.» Hier habe ich jedoch zu sagen, dass biologische und soziale Systeme nicht jede willkürliche Abweichung verstärken. Es sind strenge Regeln der Auswahl vorhanden, und der Endzustand, der durch diese selektiven Verstärkungen erreicht wird, wird durch eine Art von negativer Rückkoppelung stabilisiert. Das wirkliche inverse H-Theorem kann nicht durch einen blinden Abweichungs-Verstärkungs-Mechanismus realisiert werden, sondern nur durch eine selektive Verstärkung und einen Entwicklungs-Stabilisierungs-Mechanismus. Die Anti-H-Theorem-Tendenz war immer eines der Hauptmotive der «ersten» Kybernetik seit ihrem Beginn.

7. Kybernetik und Bewusstsein

Die allgemeine Tendenz der philosophischen und wissenschaftlichen Untersuchungen über die Lebenserscheinungen in englischsprechenden Ländern im zwanzigsten Jahrhundert ist überwiegend «behavioristisch». Hinter A.M.Turings⁴⁹ Idee von der Mann-imitierenden Maschine steht ebenfalls dieselbe Tendenz. Er behauptet, dass es möglich sei, eine mann-nachahmende Maschine zu bauen, so dass ein menschlicher Fragesteller, solange er seinen Gesprächspartner nicht zu Gesicht bekommt, nicht unterscheiden kann, ob er mit einer Maschine oder mit einem Menschen spricht. Diese Behauptung mag zutreffen, aber die philosophische Einstellung hinter dieser Behauptung ist gewagt. Zwei Objekte sollen identisch sein, wenn ihr Verhalten dasselbe ist. Dies ist eine gefährliche Philosophie. Als eine wissenschaftliche Methode ist die behavioristische Stellungnahme oft fruchtbar. Aber man darf nicht vergessen, dass Objekte, die sich unter gewissen Umständen ähnlich verhalten, sich unter anderen Umständen ganz anders verhalten können. Als eine philosophische Doktrin fehlt es dem Behaviorismus an Tiefe und Umfang. Das Bewusstsein kann nicht zu Verhalten reduziert werden, und die Existenz des Bewusstseins ist unleugbar.

Die Arglosen, die glauben, dass Kommunisten Materialisten und Nichtkommunisten Idealisten sind, werden erstaunt sein, wenn sie hören, was westliche und kommunistische Philosophen über das Bewusstsein sagen. Zum Beispiel die Mehrzahl der Philosophen, die sich im Sommer 1959 an der New-York-Universität versammelt hatten, um den Zusammenhang zwischen Körper und Seele zu diskutieren, vermieden entweder, das Bewusstsein zu erwähnen, oder sprachen darüber, als ob es etwas Peinliches sei. Sie vertraten die Ansicht, dass der geistige Zustand einer Person und der logische Zustand einer Turing-Maschine gleichwertig sind. Der Denkprozess ist nichts anderes als die Operation einer solchen Maschine. Im scharfen Gegensatz zu dem mechanischen Materialismus dieser Philosophen ging ein ostdeutscher, marxistischer Philosoph⁵¹ nahezu zum entgegengesetzten Extrem, indem er schrieb: «Nicht nur manche Idealisten, sondern auch die Anhänger des dialektischen Materialismus bestreiten ..., dass Maschinen denken können.» Derselbe deutsche Philosoph schreibt weiter⁵², dass «die physikalischen Gesetze der Entropie nur die Träger der Informationen, das heisst physikalische Grössen, betreffen, während die Semantik einer Information selbst eine Bewusstseinsstatsache ist». Erst kürzlich schrieb der sowjetische Philosoph Novik⁵³, dem Sinne nach: Man muss sich darüber klar sein, will man das Problem des Bewusstseins mit Hilfe der Kybernetik auflösen, dass es unmöglich ist, den ganzen Reichtum der Sachverhalte mit der kybernetischen Methode theoretisch und praktisch zu erschöpfen. Wir dürfen nicht vergessen, fährt er fort, dass sich die Welt nicht auf funktionelle Zusammenhänge reduziert. Mit funktionellen Zusammenhängen meint er die formalen Beziehungen, beraubt aller pragmatischen und empirischen Bedeutungen. Wenn wir den Ausdruck «funktioneller Zusammenhang» durch «behaviorale Relation»

ersetzen, werden wir vielleicht nicht wesentlich von dem, was er damit meint, abweichen. Für eine weitere interessante russische Ansicht über den unverkennbaren Unterschied zwischen der kybernetischen und der menschlichen Intelligenz siehe Kerimovs Arbeit⁶⁷. T. Pavlov⁶⁸ jedoch behandelt das Problem des Bewusstseins von einem etwas anderen Gesichtspunkt.

In marxistischen Ländern spricht man frei von dem Bewusstsein, in westlichen Ländern dagegen haben sich bei den Philosophen Hemmungen entwickelt, die den Gebrauch des Wortes Bewusstsein einengen. Ihr Bewusstsein ist in einen behavioristischen «schwarzen Kasten» eingesperrt und wird für lange Zeit weder das Sonnenlicht sehen noch frische Luft atmen. Ich habe einmal diese selbsttäuschende Einstellung des philosophischen Behaviorismus als «Trisimianismus» bezeichnet⁶⁴, weil seine Anhänger, wie die berühmten japanischen Affen, sich weigern, die offensichtlichste Realität zu sehen, zu hören oder darüber zu sprechen. Was unbestreitbar vorhanden ist, muss von einem aufrichtigen Philosophen gesehen, gehört und diskutiert werden und in begriffliche Zusammenhänge mit den anderen existierenden Realitäten gebracht werden.

Diese Meinung, die ich im letzten Jahr in einem Artikel in der Zeitschrift «Synthese» zum Ausdruck gebracht habe, sieht das Bewusstsein nicht als einen schweigenden, passiven Schatten des neurophysiologischen Zustandes einer Person an, sondern als aktiven, mit dem neurophysiologischen Zustand reagierenden Prozess. Die Wechselwirkung ist derartig, dass, wenn das Benehmen einer Person von aussen beobachtet wird, die Wechselwirkung als bedeutungslose, unerklärte statistische Schwankungen um das durchschnittliche Benehmen erscheint, das die behavioristischen Gesetze bestimmt. Diese Schwankungen, die den Behaviorismus für bedeutungslos ansieht und unerklärt lässt, entsprechen gerade dem bedeutungsvollsten Inhalt des Bewusstseins. Sie sind die Manifestation der persönlichsten, der individuellsten und der realen Aspekte der Existenz. Dieser Standpunkt kann weder mit dem dialektischen Materialismus noch mit dem philosophischen Behaviorismus in Einklang gebracht werden. Vom dialektischen Materialismus aus gesehen, ist das Bewusstsein, dessen wichtige Rolle zwar anerkannt wird, doch nur ein Epiphänomen der materiellen Substanz. Von unserem Standpunkt aus ist das Bewusstsein genau so wichtig und primär wie die Materie. Mit den Anhängern des Behaviorismus können wir nur zurechtkommen, wenn wir das Bewusstsein gar nicht erwähnen, und uns dabei an das alte Sprichwort halten, das besagt: «Musik sollte man nicht mit Schwerhörigen diskutieren.»

Sein oder Nichtsein des Bewusstseins ist, meines Erachtens, eng mit verschiedenen Funktionsweisen verbunden, die ähnlich wirken wie das Entscheidungsprinzip im kybernetischen Kontrollsystem, das ich oben erwähnte. Siehe Abbildung 1. In der Maschine wird eine Entscheidung oder Wahl deterministisch und logisch von der Struktur, das heisst dem augenblicklichen Zustand der Maschine abgeleitet. Die Struktur hängt von dem gespeicherten Programm und von der Information ab, die in der ganzen Vergangenheit durch die Eingabestation der Maschine gelaufen

ist. Nehmen wir als Beispiel einen Roboter, wie man ihn in den Schaufenstern zur Weihnachtszeit findet. Seine Bewegungen sind vollkommen und eindeutig von dem gespeicherten Programm vorgeschrieben. In komplizierten Fällen muss das mechanische Gehirn die Folgen jeder möglichen alternativen Handlung erwägen und sie mit dem im Programm gespeicherten «Ziel» vergleichen. Dieses Ziel ist jedoch meistens eine festgelegte Situation, und die ausgewählte Handlung daher eigentlich für jede gegebene Eingabe vorherbestimmt. Auch wenn das gespeicherte Ziel sich ändern kann, wird der Weg, auf dem diese Änderung stattfindet, vorherbestimmt. Dasselbe gilt auch für die «lernenden» Maschinen. Bei solchen Maschinen ändert sich die Antwort auf einen gegebenen Reiz, aber diese Änderung ist für eine gegebene Reihe von Reizen vorgeschrieben, denn die «Verstärkung», die die Änderung verursacht, ist wiederum vom Reiz und der Antwort bestimmt. Es ist auch möglich, einen Roboter zu bauen, dessen Betragen ein zufälliges Element enthält, so dass seine Handlungen nur von statistischen Gesetzen bestimmt werden. Wir müssen aber darauf hinweisen, dass jede zufällige Abweichung von dem durchschnittlichen Betragen in einem solchen System nur negativ definiert ist, das heisst, den Schwankungen wird keine Bedeutung zugeschrieben. Bei Menschen dagegen haben gerade die Schwankungen Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist es interessant, festzustellen, dass die sogenannten Programme, die Zufallszahlen erzeugen sollen, in Wirklichkeit Zahlen nach einer ganz fest bestimmten Vorschrift produzieren.

Im biologischen Bereich dagegen vergleicht das Entschlusselement des Menschen nicht die Folgung jeder möglichen Handlung mit einem fest gegebenen «Ziel», sondern es schätzt die Folgen im Licht seines Wertsystems ab. Das Wertsystem ist nicht einfach eine Liste von erstrebenswerten Zielen. Es hat eine flüssige Struktur, dauernd und weitgehend von Gefühlen begleitet, die trotz ihrer scheinbaren Unzuverlässigkeit das Fortdauern des individuellen und kollektiven Lebens sichern. Ein Mensch entscheidet sich nicht für eine Handlung, weil die Nutzfunktion dieser Handlung ein gewisses quantitatives Kriterium befriedigt, sondern weil die Assoziation, die sie verursacht, sein Gefühl anspricht. Der kognitive Prozess ist für die Entscheidung unbedingt notwendig, aber er spricht nicht das letzte Wort. Sogar Entschlüsse einer höchst berechneten Person hängen letzten Endes von ihrem Gefühlsdiktat ab. Menschliche Entscheidungsfähigkeit kann sich in der Tat erstaunlich schnell für eine einzige Handlung entscheiden, obgleich viele entgegenwirkende Interessen dabei im Spiele sind. Eine Rechenmaschine oder «Fungusfresser»⁵⁵ braucht dagegen vielleicht ein Jahrhundert, bevor die logisch und rechnerisch beste Wahl getroffen ist. Kurz, was beim Menschen die Handlung endgültig bestimmt, kann nicht mit rationalen Symbolen repräsentiert werden. Der Roboter und die Rechenmaschine sind allein von diesen Symbolen abhängig. Dieser Unterschied hat nichts mit der Frage zu tun, ob das physikalische Substratum des menschlichen Körpers und das der Rechenmaschinen durch physikalische Gesetze deterministisch und kausal vorherbestimmt sind oder nicht.

Für eine interessante Analyse des Missbrauchs des Begriffes «Zweck» ist Schefflers Arbeit⁵⁶ höchst empfehlenswert. Für eine strenge Unterscheidung des Begriffes «Ziel» (der bei Menschen sowie bei Maschinen existiert) und des Begriffes «Wert» (der nur bei Menschen existiert) siehe eine frühere Arbeit vom Verfasser⁵⁷.

Ich möchte meine Übersicht über die Kybernetik mit einer These beenden, die ich zwar nicht beweisen kann, aber die, meines Erachtens, der Kybernetik eine endgültige Begrenzung auferlegt. Es ist ein gesundes Zeichen für eine Wissenschaft, wenn man ihre Grenzen festlegen kann, denn eine Wissenschaft ohne Begrenzung ist nicht mehr Wissenschaft, sondern Glaube. Ich vertrete die Meinung, dass Bewusstsein durch die Existenz der Freiheit erweckt wird. Die «Freiheit» der Handlung ist eine Beschreibung vom Standpunkt des Handelnden, die «Unbestimmtheit» der Handlung ist eine Beschreibung vom Standpunkt des Zuschauers. Obgleich Freiheit und Unbestimmtheit nicht dasselbe sind, sind sie nichtsdestoweniger verwandt. Es gibt weder Freiheit noch Unbestimmtheit, wenn die Umstände allein die Handlung bestimmen. Wenn die Handlung nicht eindeutig durch die Umstände bestimmt wird, jedoch Konjunktion der Umstände, der Vorgeschichte und der Struktur des Entscheidenden eine eindeutige Bestimmung erlaubt, dann besteht Freiheit, aber es gibt keine Unbestimmtheit. Wenn eine Handlung nicht durch die Konjunktion der Umstände, der Vorgeschichte und der Struktur des Entscheidenden bestimmbar ist, dann haben wir einen Fall, bei dem Freiheit und Unbestimmtheit beide erhalten sind. In diesem letzten Fall kann man rationell nur mit dem Wahrscheinlichkeitsbegriff an die Handlungen herankommen. Ich neige dazu, zu glauben, dass menschliche Handlungen zu dieser letzten Kategorie gehören. Die Kybernetik befasst sich mit diesen Wahrscheinlichkeitsgesetzen, aber eine Deutung jeder einzelnen Schwankung kann sie nicht erbringen. Jedoch in diesen Schwankungen besteht gerade die subjektive Bedeutung des Lebens und die Würde des freien Menschen.

BIBLIOGRAPHIE

1. Wiener N.: *Cybernetics*, 2. Aufl. (MIT-Press, Cambridge, Mass., 1962).
2. — *The Human Use of Human Beings*, 2. Aufl. (Doubleday, New York, 1956).
3. Tustin A.: *Cybernetics and all that*, Journ. IEE, Okt. 1955, S. 634.
4. Materialist: Wem dient die Kybernetik? *Материалист, Вопросы философии*, 5. Band, 1953, S. 148.
5. Kolman E.: Was ist die Kybernetik? *Э. Кольман, Вопросы философии*, 4. Band, 1955, S. 148.
6. Sobolyev et alia: *Das Wesen der Kybernetik*. С. Л. Соболев, А. И. Китов, А. А. Ляпунов, *Вопросы философии*, 4. Band, 1955, S. 136.
7. Plato: *The Republic*, übersetzt von P. Shorey (Harvard University Press, 1943), S. 59.
8. — Gorgias, Verfasser Gonzalez Lodge (Ginn & Co., Boston und London, 1891), S. 224. Siehe auch die Übersetzung von E. M. Cope (Bell and Sons, London, 1883), S. 108.
9. — Gorgias, Auflage Lodges, siehe 8 oben, S. 226. Die Übersetzung von Cope, siehe 8 oben, S. 109.
10. Ampère André-Marie: *Essai sur la philosophie des sciences, ou exposition analytique d'une classification naturelle de toutes les connaissances humaines*, Première Partie (Bachelier, Paris, 1938), p. vj.
11. — loc. cit., p. vij.
12. — *Essai sur la philosophie des sciences*, Seconde Partie (Bachelier, Paris, 1843), p. 141.
13. *The Encyclopedia Americana* (Americana Corporation, New York, 1960), 8. Band, S. 351.
14. Zeitschrift «Kybernetik» (Springer Verlag, Heidelberg und Berlin, 1960).
15. Reifer Mary: *Dictionary of New Words* (Philosophical Library, New York, 1955).
16. Ruyer Raymond: *La cybernétique et l'origine de l'information* (Flammarion, Paris, 1954), p. 5.
17. Klaus Georg: *Kybernetik in philosophischer Sicht* (Dietz Verlag, Berlin, 1961).
18. Couffignal L.: *Information et Cybernétique, les notions de bases* (Gauthier-Villars, Paris, 1958).
19. Bonsack F.: *Information, thermodynamique, vie et pensée* (Gauthier-Villars, Paris, 1961), p. 148.
20. Ashby W. R.: *Introduction to Cybernetics* (London, 1956), *Design for a Brain* (New York, 1952).
21. Watanabe S.: *Manifesto of Fifth Class*, 1948, in "He who Points to the Future" (Tokyo, Chuo-Koron Publishing Co., 1949).

22. — Watanabe S.: Comments on Key Issues, in "Dimensions of Mind", Verfasser: Sidney Hook (New York University Press, 1959).
23. — A Quantitative Study of Certain Formal Aspects of Knowing and Guessing (in Vorbereitung) (John Wiley and Sons, New York, 1964).
24. — Information Theoretical Aspects of Inductive and Deductive Inference, IBM J. Research and Develop. 4, No. 2, 208 (1960).
25. — A Quantitative Explication of Inductive Inference, Proceedings of the International Conference on Foundation of Mathematics, Tihany, 1962 (in Vorbereitung) (Gauthier-Villars, Paris).
26. — 1954 Symposium, IRE PGIT Trans. 4, 85 (1954).
— Nuovo Cimento, Supplemento, Vol. 13, Serie X, S. 576 (1959).
— IBM J. Research Develop. 4, 66 (1960).
— Information and Control 4, 291 (1961).
— Proceedings of Section L of AAAS Annual Meetings 1962 (in Vorbereitung).
— Proceedings of Brussels Symposium 1962 of International Academy of Philosophy of Science (in Vorbereitung).
27. — Z. Physik 113, 482 (1939).
28. — Une explication mathématique du classement d'objets, in "Proceedings of the International Academy of Philosophy of Science", 1962 (in Vorbereitung) (Academic Press, 1963).
29. von Neumann J.: Artikel in "The Hixon Symposium": Cerebral Mechanisms in Behavior, Verfasser: L. A. Jeffres (John Wiley and Sons, New York, 1951), p. 1. Shannon C. E.: Proc. IRE 41, 1235 (1953).
30. Collier's Encyclopedia (P. F. Collier and Sons, New York, 1959), Bd. 6, S. 196.
31. Wiener N.: The Human Use of Human Beings, siehe oben Referenz 2, S. 11.
32. Birkoff G. D.: Proc. Nat. Acad. Sci. 18, 650 (1932).
33. von Neumann J.: Quasi Ergodic Theorem, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 18, 70-82 (1932).
34. Wiener N.: Cybernetics (siehe Referenz 1), S. 35.
35. Wiener N.: Cybernetics (siehe Referenz 1), S. 43.
36. Novik E. B.: Kybernetik und Zusammenhang der Wissenschaften, И. Б. Новик, Вестник Академии Наук, СССР, April 1963, S. 54.
37. Bergson H.: Evolution Créatrice (Felix Alcan, Paris) S. 267.
38. Wiener N.: The Human Use of Human Beings (siehe oben Referenz 2), S. 12.
39. Brillouin L.: La Vie, Matière et Observation (Albin Michel, Paris, 1959).
40. Watanabe S.: (Book review) Information and Control 4, 233 (1961).
41. Fujiwhara S.: Jap. J. Astr. Geoph., Vol. 5, S. 143 (1923).
— J. Roy. Met. Soc., Vol. 49, S. 89 (1923).
42. Watanabe S.: Le concept de temps en physique moderne et la durée pure de Bergson, Rev. Metaphys. et Morale, juin 1951, S. 128.
43. — Siehe Referenz 24, insbesondere S. 222.
44. — Learning Process and Inverse H-Theorem, in IRE PGIT Trans. IT-8, No. 5, S. 246 (1962).
45. Ruyer Raymond: La cybernétique et l'origine de l'information, siehe Referenz 16, S. 12, 13.
46. Maruyama M.: The Second Cybernetics: Deviation-Amplifying Mutual Causal Processes, in "American Scientist", Juni 1963, S. 164.
47. Wiener N.: Cybernetics, siehe Referenz 1, S. 160.
48. Maruyama M.: loc. cit., S. 168.

49. Turing A.M.: Mind, Vol. 59, Oct. 1950, S. 433.
50. Dimensions of Mind, Verfasser: Sidney Hook (New York University Press, 1960).
51. Klaus Georg: loc. cit., S. 45.
52. Klaus Georg: (siehe Referenz 17), S. 92.
53. Novik I.B.: (siehe Referenz 36), S. 60.
54. Synthese, Band XIII, Nr. 4, 261 (1961).
55. Toda M.: Behavioral Science 7, S. 164 (1962).
56. Scheffler I.: Thoughts on Teleology, Brit. J. Phil. of Science, Bd. IX, Nr. 36, S. 265 (1954).
57. Watanabe S.: Man and Machine, Annals of Japan Assoc. for Philosophy of Science, I, 4, S. 12.
58. Probleme der Kybernetik (Übersetzung von Проблемы Кибернетики) (Akademie Verlag, Berlin, 1962).
59. Brillouin L.: Science and Information Theory (Academic Press, New York, 1962), 2. Aufl.
60. de Broglie L.: La cybernétique, etc., Revue d'Optique, Paris, 1950.
61. Wiener N.: Ergodic Theorem, Duke Math. Journal, Bd. 5, S. 1 (1939).
62. Bullock T.H.: Science, Bd. 129, S. 997 (1959).
63. Wiener N.: Cybernetics (siehe Referenz 1), das letzte Kapitel.
64. Tugarinov V.P., Maistrov L.E.: В. П. Тугаринов, Л. Е. Майстров, Вопросы философии, 1950, Nr. 3, S. 331.
65. Klaus G.: loc. cit., S. 219.
66. Kybernetik und Praxis – Neue Beiträge, mit einem Vorwort von Gerda Schnauss, Berlin, 1963. (Die hier gesammelten Artikel sind aus dem sowjetischen Sammelwerk.)
67. Kerimov A.: Kybernetische Intelligenz und Mensch, A. Керимов, Вестник, Серия Экономики, Философии и Права, Leningrad Universität, Bd. 18, Nr. 5, 1963, S. 138.
68. Pavlov T.: Automatische Maschine, Leben und Bewusstsein, Т. Павлов, Научные Доклады Высшей Школы, Философские Науки, Bd. 6, Nr. 1, 1963, S. 49.
69. Paloczi-Horvath G.: Elektronenhirne besiegten das Dogma, Zeitschrift «Der Spiegel», 13. Nov. 1963, S. 88.
70. Poletajew I.A.: Kybernetik, 2. Auflage, übersetzt vom russischen Original. Berlin, 1963.

Abdominaltyphus und Umgebungshygiene

Prof. Dr. MEINRAD SCHÄR, Zürich

Die Geschichte des Abdominaltyphus beginnt erst im 19. Jahrhundert, obschon es bestimmt schon in biblischen Zeiten Ausbrüche dieser Krankheit gegeben hat. 1829 unterschied der französische Kliniker Louis erstmals das «Fièvre typhoïde» vom ebenso häufig vorkommenden «Typhus», dem Fleckfieber. Beiden Krankheiten gemeinsam sind die Störungen des Sensoriums. Der Abdominaltyphus und das Fleckfieber – das ihnen zugrundeliegende griechische Wort «typhos» bedeutet Nebel, Dunst – wurden deshalb früher auch als Nervenfieber bezeichnet.

Über das Wesen des Abdominaltyphus und seine Übertragungsart hatte man bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts – wie übrigens auch bei den meisten anderen Infektionskrankheiten – keine klaren Vorstellungen. Miasmen, Ausdünstungen der Patienten und des Bodens wurden für die Krankheit verantwortlich gemacht. Es ist das Verdienst William Budds, die Übertragungsweise des Abdominaltyphus richtig beurteilt zu haben. Er schrieb 1856: «The disease is transmitted by the patient's excreta. The living human body, therefore, is the soil in which this specific poison breeds and multiplies.»

Das von Budd erwähnte «Gift» bezeichnen wir heute als *Salmonella typhi*, den Erreger des Abdominaltyphus. Die Infektion kommt durch die Aufnahme einer mehr oder weniger grossen Anzahl von virulenten Keimen zustande. Der Erreger vermehrt sich während der Inkubationszeit im lymphatischen Gewebe des Verdauungstraktes und gelangt dann schubweise ins Blut. Gleichzeitig stellen sich die ersten Krankheitssymptome ein, das Fieber beginnt treppenförmig anzusteigen. Über das Blut gelangen die Typhusbakterien in alle Organe. Reichlich anzutreffen sind sie dann vor allem in der Milz, dem Knochenmark und in der Gallenblase. Über die Gallenblase und aus den ulcerierenden Peyerschen Plaques gelangen sie von der zweiten Krankheitswoche an in Massen in den Stuhl und somit auch in die Umwelt. Nebenbei sei erwähnt, dass Typhusbakterien auch mit dem Urin ausgeschieden werden können.

Übertragungsarten des Abdominaltyphus

Für unsere epidemiologischen Betrachtungen gehen wir von den Exkreten aus. Nicht nur die Exkrete von Patienten und Rekonvaleszenten,

sondern auch diejenigen von inapparent infizierten Personen, den sogenannten gesunden Bazillenträgern, kommen als Infektionsquellen in Frage.

Wie gelangen Typhusbakterien in den Verdauungstrakt empfänglicher Personen?

Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten:

1. durch Schmierinfektion (mit Stuhl verschmutzte Hände oder Gegenstände);
2. durch verunreinigte Lebensmittel;
3. durch verunreinigtes Trinkwasser.

Im ersten Falle werden vor allem die mit einem gesunden oder kranken Keimausscheider im gleichen Haushalt lebenden Personen infiziert. Es entstehen also Einzelfälle, die, wenn die Zahl der Keimträger in einer Bevölkerung gross ist, zum Bild der Typhusendemie führen. Da die Übertragung im Sommer erleichtert wird und die Anfälligkeit vermutlich erhöht ist, treten saisonabhängige Schwankungen der Zahl der Erkrankungsfälle auf, mit Höhepunkt im Spätsommer.

Bei der indirekten Übertragung durch Lebensmittel muss in Betracht gezogen werden, dass sich die Typhusbakterien im normalerweise nur als Vehikel dienenden Lebensmittel unter besonderen Voraussetzungen (Zusammensetzung, Temperatur, pH) vermehren können. In solchen Fällen kann eine geringfügige Kontamination eines Lebensmittels unverhältnismässig grosse Folgen haben. Infektionen, die durch Lebensmittel verursacht werden, bleiben oft nicht nur auf einen Haushalt beschränkt, sondern können kleinere oder grössere Kollektive umfassen. Die gefährlichste Person ist der im Lebensmittelgewerbe oder in Küchen tätige Dauerausscheider. Es sind zahlreiche Ausbrüche auf solche Personen zurückgeführt worden; wohl die berühmteste unter ihnen war die Typhoid-Mary, eine Köchin aus New York. Sie erkrankte im Jahre 1901. Ein Jahr später wechselte sie ihre Stelle. Bald darauf erkrankten sieben Angehörige des neuen Haushaltes an Typhus. Das gleiche Spiel wiederholte sich in anderen Familien in den Jahren 1904 und 1906. Da sie unsauber und uneinsichtig war und zudem enorme Mengen von Typhuskeimen ausschied, musste sie 1907 in einem Spital interniert werden. Typhoid-Mary brannte jedoch bald durch und setzte unter falschem Namen ihre Tätigkeit als Köchin in einem Spital fort; mit dem Erfolg, dass sie im Jahre 1915 erneut einen Ausbruch von 25 Typhusfällen verursachte, der zu ihrer Wieder-Entdeckung führte.

Die dritte Möglichkeit, die Übertragung durch Trinkwasser, ist die am meisten gefürchtete, weil durch einmalige Verunreinigung einer Wasserversorgung die Bevölkerung einer ganzen Stadt infiziert werden kann. Lokale Ausbrüche mit über 1000 Erkrankten sind oft beschrieben worden.

In historischer wie auch in epidemiologischer Hinsicht verdient der Typhusausbruch von 1872 in Lausen bei Liestal besondere Beachtung. Gestatten Sie mir, dass ich auf diese von A. Hägler so vortrefflich beschriebene Epidemie ausführlich eingehe.

Damals war der Erreger des Typhus noch nicht bekannt, und allgemein bestand die Ansicht, dass die Ursache der Krankheit in einer besonderen Beschaffenheit des Bodens zu suchen sei.

Dr. Hägler begann seinen «Beitrag zur Entstehungsgeschichte des Typhus und zur Trinkwasserlehre» mit den folgenden Worten:

«Im August 1872 wurde ein grosser Theil der Bevölkerung des Basellandschaftlichen Dorfes Lausen so plötzlich und in den verschiedensten Theilen und Häusergruppen in so überraschend kurzer Zeit von Abdominaltyphus befallen, dass es sofort jedem Unbefangenen klar sein musste, es seien alle diese Erkrankungen erzeugt durch eine und dieselbe gleichzeitig auf Alle einwirkende Ursache. In Lausen war nun aber seit Menschengedenken noch nie eine Typhusepidemie und seit vielen Jahren kein einziger Fall dieser Krankheit beobachtet worden, und auch die ganze Thalschaft ober- und unterhalb des Dorfes war typhusfrei. Es konnte also weder die Luft, noch der Boden als Träger des Infectionsstoffes angenommen werden. Als solcher erwies sich das Trinkwasser in so deutlicher und auch für das Studium der Trinkwasserfrage instructiver Weise, dass es mir, insbesondere auch Angesichts der Zweifel, welche in diesem Jahre noch von bedeutenden Fachmännern gegen die Contagiosität des Typhus und gegen das Vorkommen von Trinkwasserepidemien geltend gemacht werden, als Pflicht erschien, die Verhältnisse und Bedingungen, unter welchen sich die Lausener Epidemie entwickelt hat und verlaufen ist, eingehender zu erörtern.»

Lausen war im Jahre 1872 ein Bauerndorf, bestehend aus 90 Häusern. Die Zahl der Einwohner betrug 780. Die Bevölkerung war – der Beschreibung von Hägler zufolge – «durchschnittlich intelligent und arbeitsam, aber, wie dies auf dem Lande auch sonst häufig beobachtet wird, misstrauisch und gegen zweckmässige Neuerungen meist oppositionell, wenn sie nicht sofortige Vorteile versprechen».

In bezug auf das Vorkommen von Infektionskrankheiten scheint Lausen immer gut davongekommen zu sein. Der Typhus war praktisch unbekannt. Die letzten Fälle wurden sechs Jahre vor der Epidemie aus Basel eingeschleppt, führten jedoch nicht zu einer Weiterverbreitung.

Am 10. Juni 1872 erkrankte der Bauer J. Schaub, der in einem zu den Furlenhöfen gehörenden Gehöft wohnte, an Abdominaltyphus. Hägler schreibt dazu:

«Über die Ursache der Erkrankung gab er dem behandelnden Arzte, Dr. Gutzwiller an, er habe in den ersten Junitagen, bei heissem Wetter auf dem Felde beschäftigt, aus einer Pfütze ziemlich viel längst gestandenen Wassers getrunken und sich von da an unwohl gefühlt, besonders durch starke Schmerzen im Nacken. Acht Tage darauf habe er sich vor Müdigkeit und Fieber und Nackenschmerzen zu Bette legen müssen. Ich möchte die Richtigkeit dieser ätiologischen Erklärung bezweifeln. Das Unwohlsein und der Nackenschmerz folgten dem Trinken abgestandenen Wassers fast auf dem Fusse, die eigentliche schwere Krankheit schon nach 8 Tagen, während die Incubationszeit des Typhus doch wenigstens 14 Tage, meist aber

3 Wochen beträgt. Sch. hat wahrscheinlich das abgestandene Wasser in grosser Menge nur getrunken, weil er schon Fieberdurst hatte, wie wir ja in den äthiologischen Angaben der Kranken eine ähnliche Verwechslung von Ursache und Wirkung oft genug zu beobachten Gelegenheit haben. Ist auch eine Entstehung dieser Erkrankung durch spezifische Typhusinfektion nicht nachgewiesen, so möchte ich sie doch für viel wahrscheinlicher halten, als die vom Patienten selbst angegebene. Dieser war zwar in den letzten Wochen des Mai zum Einkauf von Vieh in anderen Dörfern gewesen.»

Im gleichen Hause erkrankten noch drei weitere Personen. In Lausen wusste man jedoch nichts davon, weil die Familie Schaub in den Furlenhöfen sehr zurückgezogen lebte.

«Am 7. August erkrankten zum Beginn gleich 10 Einwohner und in weiteren 9 Tagen waren schon 57 Personen, 7 % der Bevölkerung, erkrankt, und zwar waren diese Erkrankungen von Anfang an über das ganze Dorf ziemlich gleichmässig vertheilt, gleichmässig auch bei Reichen und Armen, gleich in überfüllten und in mehr einsamen Wohnungen, jedoch mit Verschonung derjenigen Häuser, für welche das Wasser aus eigenen Sodbrunnen oder aus dem Gewerbesteiche, also nicht aus der öffentlichen Brunnenleitung bezogen worden war. Allerdings kamen gegen das Ende der Epidemie, als schon über 100 Personen in beinahe allen Häusern des Dorfes an Typhus erkrankt waren, auch zwei Erkrankungsfälle vor in zwei mit eigenem Wasser versehenen Häusern. Aber es waren dies Arbeiter, die vielfach auch mit dem übrigen Dorfe verkehrten, dort arbeiteten, ihre Mahlzeiten einnahmen und nach ihren eigenen Angaben Wasser von den öffentlichen Brunnen getrunken hatten, die also höchst wahrscheinlich nicht in ihren Wohnhäusern die Krankheit erworben hatten.»

Rund hundert, das heisst mehr als zwei Drittel aller beobachteten Fälle traten in den ersten vier Wochen der Epidemie auf. Es darf angenommen werden, dass es sich dabei um primäre, von der gleichen Quelle infizierte Krankheitsfälle gehandelt hat, denn einige Ferienkinder verliessen Lausen zu Beginn des Monats August – also noch vor Beginn der Epidemie – und erkrankten erst drei Wochen später in Basel.

Nach Ansichten Häglers konnten weder der Boden noch die Luft die Ansteckung vermitteln, weil die übrigen Furlenhäuser frei von Typhus blieben. Die Bewohner der Furlenhäuser bezogen ihr Wasser nicht aus dem Furlenbach, sondern aus einer eigenen guten Quelle am Fusse des Furlenköpfleins. Anders verhielt es sich mit der Wasserversorgung Lausens.

Die Quellenfassung und Brunnenstube der Gemeinde lag am Fusse des Stockhaldens, eines etwa 100 m hohen Hügels, der die Furlenhöfe vom Dorfe trennt. Verschiedene Anzeichen sprachen dafür, dass die eine Ader der Quelle irgendwie mit dem Furlenbächlein in Zusammenhang stand, denn die Ergiebigkeit der Quelle hing davon ab, ob der Furlenbach zur Bewässerung bei den Furlenhöfen auf die Wiesen geleitet, oder in seinem natürlichen Bachbett belassen wurde. Einige Jahre vor dem Typhusausbruch entstand in der Nähe des Furlenbaches spontan ein etwa 3 m tiefes Loch, in dessen Grund Wasser sprudelte. Wurde der Bach in dieses Loch geleitet, so konnte innerhalb einiger Stunden eine starke Zunahme der Wassermenge bei den Brunnen in Lausen festgestellt werden.

In Anbetracht dieser Zusammenhänge hat Dr. Gutzwiller, der behandelnde Hausarzt der Familie Schaub, verboten, die Exkremente des Typhuspatienten in den Abtritt oder in den Bach zu werfen. Dieser Weisung kamen die Leute offensichtlich nicht nach, der Furlenbach wurde kontaminiert und somit auch die Wasserversorgung der Gemeinde Lausen.

Im Anschluss an die Epidemie wurde übrigens die direkte Verbindung des Furlenbaches mit der Quelle am Fusse des Stockhaldens nachgewiesen. Grössere Mengen Kochsalz wurden in den Bach geschüttet. Nach wenigen Stunden stieg der Chloridgehalt des Wassers der öffentlichen Brunnen in Lausen stark an.

Die von Hägler gezogenen Schlussfolgerungen lauteten folgendermassen:

«Wasser, welches durch Dünger- und Abtrittjauche in Furlen verunreinigt war, haben die Bewohner von Lausen unbewusst schon seit vielen Jahren aus ihren öffentlich laufenden Brunnen getrunken, ohne dass je eine Typhuserkrankung Folge davon gewesen wäre. Erst nachdem jener Jauche Typhusdejectionen beigemischt worden waren, wirkte das dadurch verunreinigte Wasser plötzlich massenhaft typhuserzeugend. Zur Erzeugung des Abdominaltyphus bedarf es also eines spezifischen, von Typhuskranken entstammenden Giftes. Andere putride Stoffe und faulende organische Substanzen, so wenigstens Abtritt- und Düngerjauche, denen Typhusdejectionen nicht beigemischt sind, vermögen nicht Typhus zu erzeugen. Es drängt also diese Beobachtung aufs Neue zu der Annahme, dass Typhus nicht eine einfache miasmatische Infektionskrankheit sei (etwa wie Intermittens), deren flüchtiger Infektionsstoff autochthon, wahrscheinlich durch Zersetzung organischer Substanz, ausserhalb des menschlichen Körpers entsteht und in diesem nicht reproducirt werden kann, sondern dass Typhus vielmehr – ähnlich wie die Cholera – zu den sog. contagiösen Krankheiten gehört, contagiös in dem Sinne, dass der Ansteckungsstoff ein spezifisches, im lebenden menschlichen Organismus reproducirtes Gift ist. Das Typhusgift verliert seine Wirkungsfähigkeit auch dann nicht oder wenigstens nicht immer, wenn es mit Wasser vermengt und mit diesem unterirdisch durch Schutthalden und Geröllschichten geschwemmt wird; es ist also die gewöhnliche Bodenfiltration keine Garantie für Desinfection des Wassers. Ich habe aber obigen Satz zu betonen müssen geglaubt, weil wohl noch allgemein der Glaube verbreitet ist, eine aus dem Berge entspringende, also durch die Bodenschichten filtrierte Quelle müsse rein sein von organischen und organisirten Infektionsstoffen. Wer vor der Epidemie die Lausener Quelle aus dem Fusse des darüber bewaldeten Berges hervorsprudeln sah, hätte gewiss nicht gehnt, dass sie das Dorf in wenigen Tagen vergiften könnte, auch wenn er gewusst hätte, dass sie mit dem Furlenbächlein zusammenhängt. Lag ja der Wiesenboden und der ganze Hügel von Rogenstein und Liasmergel dazwischen.»

Die genauen Beobachtungen und die folgerichtigen Schlüsse Häglers sind bewundernswert. Sein Bericht beeindruckt uns durch seine Klarheit, und die von ihm vorgeschlagenen Vorbeugungsmassnahmen zeugen von ausserordentlicher Weitsichtigkeit. So zum Beispiel seine Warnung, dass die Wasseranalyse wohl nicht genüge,

«... denn wenn auch die Ansteckungsgifte selbst chemisch oder mikroskopisch nachzuweisen wären, so würden sie doch wahrscheinlich bei einmaliger oder seltener Untersuchung nicht gerade gefunden werden, da sie ja dem laufenden Wasser nur ausnahmsweise beigemischt und wahrscheinlich in dem gerade beobachteten Liter nicht enthalten sein dürften.»

«Als Schutz gegen Infection durch solche verdächtige Quellen, wo diese nicht ganz entbehrt werden können, dürfte sich wohl am ehesten die Durchleitung derselben durch grosse Kohlenfilter empfehlen. Nicht minder aber nach den durch die Lausener Epidemie gemachten Erfahrungen zu empfehlen seien, die rückwärts gelegenen Quellgebiete unserer Trinkwasser zu überwachen.»

Diese Feststellung wurde acht Jahre vor der Entdeckung des Typhuserregers gemacht – und wird leider auch heute noch viel zu wenig beachtet.

Morbidität und Mortalität an Abdominaltyphus

In der Schweiz hat die Zahl der Erkrankungsfälle in den letzten 60 Jahren von rund 2000 auf durchschnittlich 70 Fälle pro Jahr abgenommen. Entsprechend ist die Zahl der Sterbefälle von 200 auf weniger als 10 zurückgegangen. Mit einer Morbidität von 1,3 Erkrankten auf 100 000 Personen stehen wir etwas schlechter da als die skandinavischen Länder und Holland, immerhin aber wesentlich besser als die Länder Südeuropas. In Italien wurden beispielsweise im Jahre 1962 über 16400 Typhusfälle amtlich angezeigt.

Die in der Schweiz seit 1920 gemeldeten Erkrankungs- und Sterbefälle sind aus Abbildung 1 ersichtlich. Bei den Sterbefällen werden Typhus- und Paratyphus nicht getrennt erfasst. Da aber die Letalität des Paratyphus gering ist, wird das Bild nicht wesentlich verfälscht. Die stark aus dem Kurvenbild hervorragenden Zacken spiegeln lokale Ausbrüche wider, so zum Beispiel 1945 die Epidemie von Glion. Gesamthaft betrachtet, kann ein kontinuierlicher Rückgang der Typhusendemie festgestellt werden.

Das endemische und das epidemische Auftreten des Abdominaltyphus lässt sich anhand der Erkrankungsfälle in den Kantonen Waadt und Wallis im Jahre 1945 veranschaulichen (Abb. 2). Im Kanton Wallis wurden 65 und im Kanton Waadt 84 Fälle gemeldet. Das Kurvenbild des Kantons Waadt entspricht demjenigen einer typischen durch kontaminiertes Trinkwasser bedingten Epidemie.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Gegenüberstellung der wöchentlich gemeldeten Erkrankungsfälle in Glion (1945) und in Lausen (1872) (Tab. 1).

Tabelle 1
Ärztlich gemeldete Typhusfälle

	Lausen 1872	Glion 1945
1. Woche	37	32
2. Woche	28	27
3. Woche	12	10
4. Woche	5	5
5. Woche	3	0

Die Bekämpfungsmassnahmen

Unser Bestreben besteht darin, die Infektionskette an einer oder an mehreren Stellen zu unterbrechen. Die zu treffenden Massnahmen müssen sich dementsprechend auf das Erregerreservoir, das heisst die gesunden und kranken Keimträger bzw. ihre Ausscheidungen, auf kontaminiertes Wasser, kontaminierte Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände und auf die empfänglichen Personen richten.

Die historisch älteste Massnahme stellt die Absonderung der Kranken dar. Es leuchtet ein, dass diese Massnahme unzulänglich ist, da der Typhus vorwiegend durch gesunde, unerkannte Keimträger verbreitet wird. An zweiter Stelle in der chronologischen Reihenfolge wäre die Desinfektion der Ausscheidungen von gesunden und kranken Keimträgern und der kontaminierten Gegenstände zu nennen. Voraussetzung für Erfolg ist auch in diesem Falle das Erfassen aller Keimträger. Die Erfolgsaussichten in dieser Richtung sind jedoch in einem Land mit starkem Reiseverkehr gering. Abgesehen von den Ferienreisenden, beherbergt die Schweiz heute gegen 700 000 Gastarbeiter, das heisst dass rund 13% der Bevölkerung aus Ländern Südeuropas stammen, aus Gebieten also, wo der Abdominaltyphus rund zehn- bis dreissigmal häufiger vorkommt als bei uns. Begreiflicherweise wurde die Frage aufgeworfen, ob es denn nicht möglich wäre, die Keimträger unter den einreisenden Gastarbeitern zu ermitteln – und zurückzuweisen, wie dies bereits bei den Tuberkulösen und Geschlechtskranken der Fall ist. Leider gibt es noch keinen einfachen und zuverlässigen Test, der an der Grenze vorgenommen werden könnte und bei einmaliger Durchführung bereits ein zuverlässiges Resultat zeitigen würde. Zieht man die potentielle Gefahr der im Lebensmittelgewerbe tätigen Keimträger in Betracht, so dürfte es sich lohnen, die aus Endemiegebieten hergereisten Arbeitnehmer oder noch besser alle Arbeitnehmer, die direkt mit Lebensmitteln zu tun haben, durch serologische Kontrolle und wiederholte Stuhluntersuchungen auf Keimträgertum zu untersuchen. Melker, Köche und Kellner haben schon in unzähligen Fällen zu kleineren oder grösseren Typhusausbrüchen Anlass gegeben.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass eine Person zeitlebens Typhusbazillen ausscheiden kann, ohne jemals eine Infektion zu verursachen; Voraussetzungen dazu sind Einsicht, Zuverlässigkeit und absolute Reinlichkeit; also Tugenden, die leider nicht bei jedermann erwartet werden können.

Lebensmittel können nicht nur durch Keimträger direkt kontaminiert werden, sondern auch indirekt durch Fliegen oder verunreinigtes Wasser, das zur Speisezubereitung oder zum Waschen benützt wird.

Ich habe vorhin die durch kontaminiertes Wasser verursachten Typhusepidemien so ausführlich beschrieben, weil sie früher die meisten Opfer verursachten und heute – nicht zuletzt wegen ihrer Seltenheit – grösstes Aufsehen erregen.

Wie können durch kontaminiertes Wasser verursachte Epidemien vermieden werden?

In erster Linie durch Schutz der Quelle, des Grundwassers oder des Oberflächengewässers vor Verunreinigung mit Fäkalien. Im Einzugsbereich einer Quelle oder einer Grundwasserfassung dürfen sich keine Latrinen, Senk- oder Jauchegruben befinden, und Wiesen und Äcker dürfen weder mit menschlichen noch mit tierischen Fäkalien gedüngt werden. In Bäche, die der Wasserversorgung dienen, sollten oberhalb der Wasserfassung keine oder höchstens nur mechanisch und biologisch gereinigte Abwässer eingeleitet werden.

In zweiter Linie kommt die mechanische, biologische oder chemische Aufbereitung des Rohwassers zu Trinkwasser in Betracht. Das in jedem einzelnen Fall zu wählende Reinigungsverfahren muss sich nach der Beschaffenheit des Rohwassers, der benötigten Wassermenge, dem zur Verfügung stehenden Platz und den Überwachungsmöglichkeiten richten.

Nehmen wir an, eine kleine Gemeinde sollte 1000 Einwohner mit Trinkwasser versorgen. Meistens wird es möglich sein, genügende Mengen Quell- oder Grundwasser zu beschaffen, in Ausnahmefällen jedoch muss zeitweise oder dauernd Oberflächenwasser zur Deckung des Bedarfs herangezogen werden. Die Gemeinde lässt einen Plan ausarbeiten und unterbreitet diesen dem Kantonschemiker, denn gemäss eidgenössischer Verordnung über den Verkehr mit Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen müssen Projekte für neu zu erstellende oder wesentlich zu erweiternde öffentliche Trinkwasseranlagen von der amtlichen Lebensmitteluntersuchungsanstalt begutachtet werden. Bei der Beurteilung einer Anlage wird nicht nur die Wasserqualität, sondern auch die Herkunft und die Bodenbeschaffenheit berücksichtigt. Was die Qualität des Trinkwassers betrifft, enthält die Lebensmittelverordnung (Art. 260) folgende Vorschriften:

«Trinkwasser muss bezüglich Aussehen, Geruch und Geschmack sowie in chemischer und bakteriologischer Hinsicht den allgemeinen hygienischen und im besonderen den Anforderungen des Lebensmittelbuches entsprechen.»

Während Quell- und Grundwasser diesen Anforderungen oft ohne Behandlung entsprechen, müssen Oberflächengewässer fast ausnahmslos durch Filtration und/oder Chlorierung aufbereitet werden. Das setzt kostspielige Einrichtungen voraus und erheischt dauernde und fachkundige Überwachung. Eine Unachtsamkeit, ein technischer Fehler oder eine Betriebsstörung können bei Verwendung von fäkalkontaminiertem Rohwasser bereits zur Katastrophe führen.

Es ist deshalb ein dringendes Gebot – nicht zuletzt aus ästhetischen Gründen –, jede Verunreinigung des Rohwassers zu verunmöglichen. In dieser Hinsicht wird heute noch schwer gesündigt.

Als weiteres Beispiel ist die Trinkwasserversorgung von Grossstädten zu erwähnen:

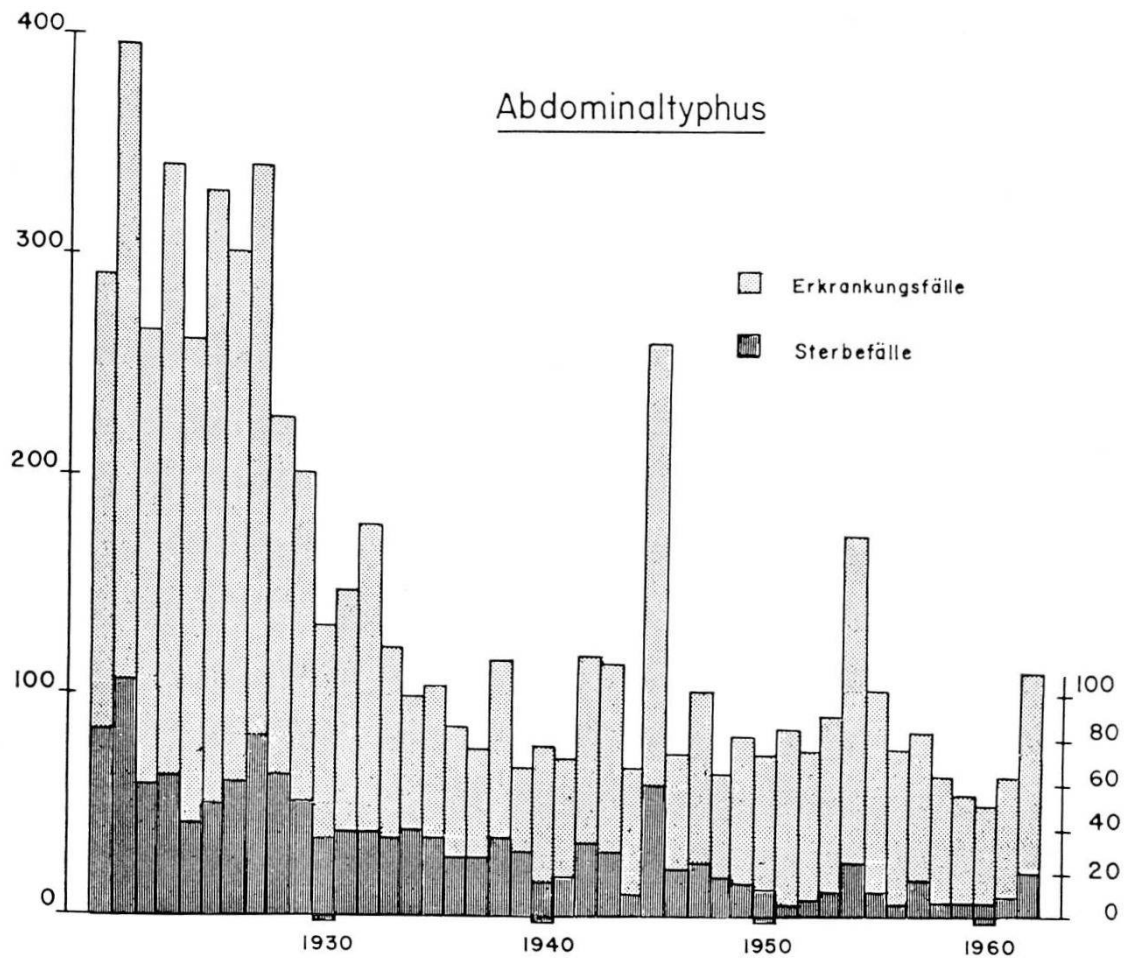


Abbildung 1

Erkrankungs- und Sterbefälle an Abdominaltyphus in der Schweiz seit 1920

Ordinate: Zahl der jährlich gemeldeten Erkrankungs-, bzw. Sterbefälle (inklusive Sterbefälle an Paratyphus)

Grundwasser und Quellwasser ist selten in genügender Quantität vorhanden, so dass die meisten Grossstädte früher oder später gezwungen sind, Oberflächenwasser zu Trinkwasser aufzubereiten. Das Aufrechterhalten einwandfreier Wasserqualität stellt zuweilen ein schwieriges technisches Problem dar. Die Gefahren in bezug auf Krankheitsübertragung durch Trinkwasser sind aber bedeutend geringer als bei kleinen Gemeinden, weil hier ein Stab von Fachleuten Tag und Nacht das einwandfreie Funktionieren der Filtrier- und Chlorieranlagen überwacht und die Qualität des Rohwassers – meistens handelt es sich um Seewasser – viel konstanter ist als beispielsweise diejenige eines Baches. Eine noch so vollkommene Wasseraufbereitung taugt natürlich nicht viel, wenn die

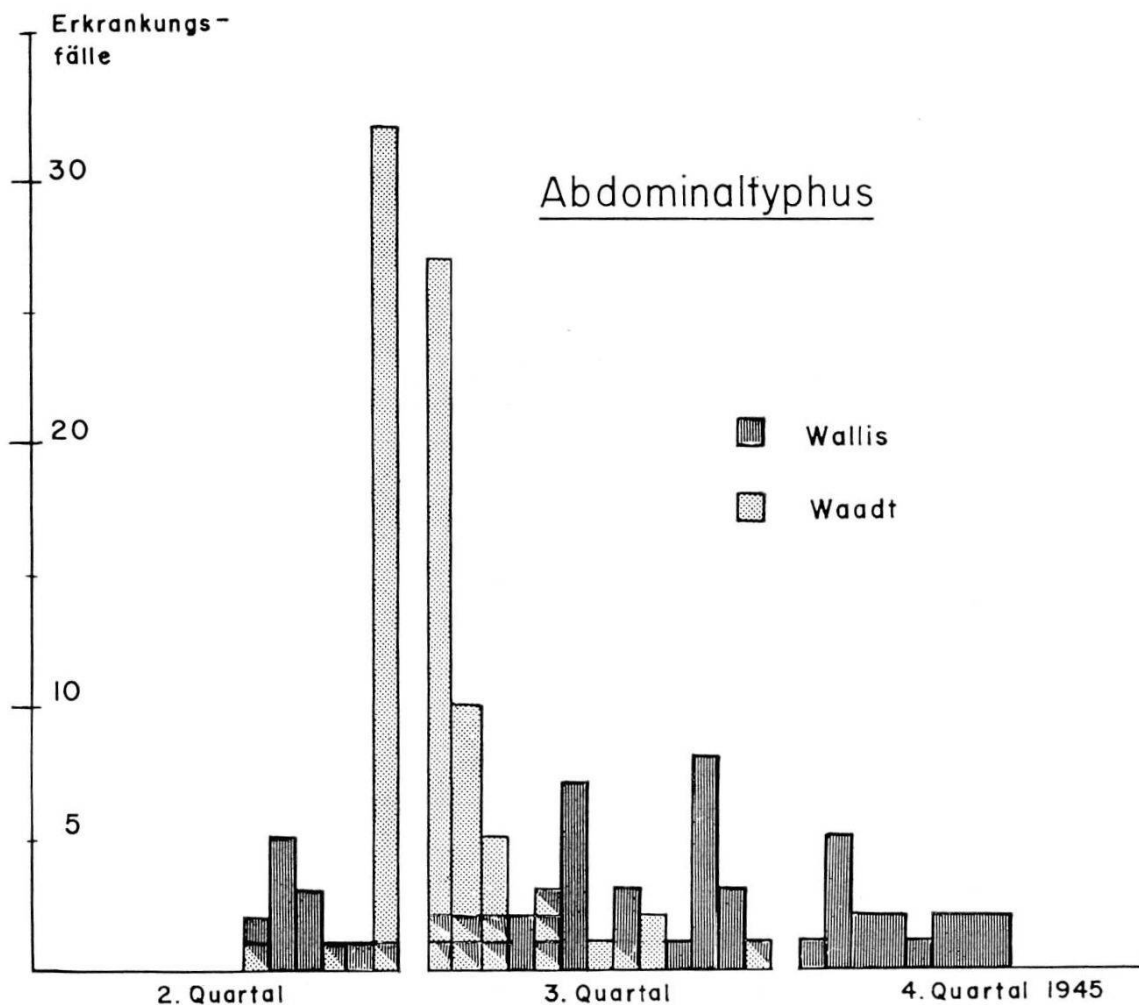


Abbildung 2

Erkrankungsfälle an Abdominaltyphus in den Kantonen Waadt und Wallis im Jahre 1945

Ordinate: Zahl der wöchentlich gemeldeten Krankheitsfälle

Möglichkeit der Kontamination des Wassers im Leitungsnetz nicht ausgeschlossen werden kann. Es ist deshalb unerlässlich, dass alle sanitären Installationen vor Inbetriebnahme durch Fachleute kontrolliert werden.

Eine letzte Möglichkeit zur Unterbrechung der Infektionskette stellt der Schutz des empfänglichen Individuums vor Infektion dar. Einerseits handelt es sich dabei um Vermeiden der Aufnahme von Krankheitserregern durch hygienische Massnahmen und anderseits um künstliche Immunisierung mit Impfstoffen. Beide Massnahmen sind unzulänglich, weil sie die Infektionsmöglichkeit nicht mit Sicherheit ausschliessen.

Die Schutzimpfung mit abgetöteten Typhusbakterien führt zur Bildung von Abwehrkörpern, die im Blut des Impflings während rund eines Jahres

nachgewiesen werden können. Der dadurch verliehene Schutz gegen die Infektion ist nur relativ, das heisst bei kleiner Infektionsdosis wirksam, bei sehr grosser hingegen nicht mehr oder nur ungenügend. Die Impfung darf nie als Ersatz für umgebungshygienische Massnahmen in Frage kommen, sondern ist nur dann indiziert, wenn sich empfängliche Individuen in Typhusendemiegebiete begeben und deshalb einer erhöhten Infektionsgefahr ausgesetzt sind, der sie nicht auf andere Weise wirksam begegnen können.

Um Typhusausbrüche in Zukunft zu vermeiden, ist den Keimträgern in Lebensmittelbetrieben, der einwandfreien Abwasserbeseitigung, der Trinkwasserreinigung und der intensiven Überwachung der Trinkwasserqualität grösste Bedeutung beizumessen. Hoffen wir, dass die bedauernswerte Epidemie von Zermatt die Bevölkerung und die Behörden veranlassen wird, der Bekämpfung des Abdominaltyphus und verwandter Krankheiten wieder grössere Aufmerksamkeit zu schenken.