

Schätzung des Körperfettgehaltes beim lebenden Mutterschaf

Die Kenntnis der Körperzusammensetzung ist von grosser Bedeutung für eine rentable Schafhaltung. Fütterung und Schlachtzeitpunkt können mit genauer Kenntnis der Körperzusammensetzung präzise geplant werden. Der Fettanteil spielt dabei eine entscheidende Rolle. Agroscope hat in einem Versuch drei Methoden zur Schätzung des Körperfettgehaltes beim lebenden Mutterschaf miteinander verglichen.

RAPHAEL SIEGENTHALER | TAMARA GOBET | SYLVAIN LERCH



Walliser Landschaft im Agroscope Versuch. (Photo: Agroscope)

BEDEUTUNG DER KÖRPERZUSAMMENSETZUNG IN DER SCHAFHALTUNG

Die Körperzusammensetzung ist definiert als der Wasser-, Protein-, Lipid- und Mineralstoffanteil im Körper. Sie ändert sich im Verlaufe der Zeit stetig unter anderem in Abhängigkeit der Bedürfnisse für Grundumsatz, Wachstum, Reproduktion und Milchproduktion. Durch die Akkumulation und Mobilisation von Körperreserven, insbesondere von Lipiden, kann das Tier auf Umwelteinflüsse wie Futterknappheit, thermischen Stress oder Krankheiten reagieren. Auch bei Schlachtkörpern ist vor allem auch der Fettanteil von Bedeutung, da dieser mit der CH-TAX beurteilt wird und preisrelevant ist. Eine präzise Beurteilung des Körperfettgehaltes und seiner Dynamik beim lebenden Tier ist aus diesen Gründen für die Rentabilität eines Schafbetriebes von grosser Bedeutung. Es gibt diverse Methoden zur Schätzung des Körperfettgehaltes bei Nutztieren, wovon einige nur im Bereich der Forschung Anwendung finden, andere hingegen auch in der Praxis.

Im Versuch wurde der Körperfettgehalt von Mutterschafen mittels CH-TAX, Ultraschall (Messung der Dicke des subkutanen Fettgewebes) und Messung der Fettzellengrösse

geschätzt (Abbildung 1, Seite 14). Diese Methoden wurden nach der Schlachtung mit der Referenzmethode, dem chemisch bestimmten Körperfettgehalt, verglichen.

TIERE UND SCHÄTZMETHODEN

Im Versuch wurden 10 Mutterschafe der Rasse Walliser Landschaft (Alter Ø 5.2 Jahre, Standardabweichung (SD) 1.7 Jahre) untersucht. Ein Schaf befand sich in Laktation (35 Tage), die neun anderen waren Galtschafe (Tage nach Absetzen: Ø 115 Tage ± SD 25 Tage). Die Grundration bestand aus Ökoheu, welches ad libitum gefüttert wurde, und jeweils morgens mit einem Kraftfutter und pelletierten Ganzpflanzenmaiswürfel ergänzt wurde.

In den 2 bis 3 Tagen vor der Schlachtung wurde das Körpergewicht der Tiere erfasst und die CH-TAX (gemäss Proviande-Raster) durchgeführt. Zur selben Zeit wurde ebenfalls die Dicke des subkutanen Fettgewebes mittels Ultraschall (LOGIQ® e R8, GE HealthCare, Chicago, Illinois, Vereinigte Staaten) gemessen. Die Ultraschallsonde (9L-RS Linear-Sonde, 3.33–10.0MHz) wurde hierzu zwischen dem zweiten und dritten Lendenwirbel quer zur Längsrichtung der Wirbelsäule aufgesetzt. Nach Abschluss der Messungen am lebenden

Tiere wurden die Tiere in den darauf folgenden Tagen im betriebseigenen Schlachthaus der Agroscope Posieux (FR) geschlachtet. Unmittelbar nach der Schlachtung wurden ca. 1g des subkutanen Fettgewebes beim Brustbein entnommen und in Osmiumsäure fixiert, um unter dem Mikroskop den Durchmesser von Fettzellen nach der Methode von Robelin (1981) zu messen. Die Referenzkörperzusammensetzung der Tiere wurde nach der Schlachtung chemisch bestimmt (Goldstandard). Zu diesem Zweck wurden die Schlachtkörper der Tiere und das sogenannte «fünfte Viertel» (Blut, Haut, Kopf, Hörner, unterer Teil der Gliedmassen, Innereien (Magen-Darm-Trakt und Blase entleert)) fein zermahlen und chemisch analysiert (Lipidanalyse mittels Soxhlet-Extraktion gemäss Driesen et al., 2022). Die Ergebnisse der Analysen konnten anschliessend statistisch ausgewertet und lineare Regressionen (Erklärung in Tabelle 1) zwischen den verschiedenen Schätzmethode (CH-TAX, Ultraschall und Fettzellengrösse) und dem chemisch gemessenen Referenzkörperfettgehalt erstellt werden.

CH-TAX UND ULTRASCHALL SIND AM GENAUESTEN

Der Versuch hatte zum Ziel, die Genauigkeit dreier Methoden zur Schätzung des Körperfettgehaltes von lebenden Mutterschafen zu vergleichen. Zur Übersicht sind die Messwerte in der Tabelle 2 (Seite 18) aufgelistet. In der Abbildung 2 (Seite 18) sind die Regressionen der drei Schätzmethode sowie diejenige vom Körpergewicht ersichtlich. Die Regressionen zeigen, dass sich der Körperfettgehalt mit dem Körpergewicht alleine nicht genau schätzen lässt ($R^2=49\%$). Das ist übereinstimmend mit ähnlichen Studien bei Mutterschafen (Bocquier et al. 1999, $R^2=53\%$) und Milchziegen (Lerch et al. 2021, $R^2=43\%$). In der vorliegenden Studie konnten genauere Schätzungen mit der CH-TAX ($R^2=85\%$) und der Ultraschallmessung ($R^2=82\%$) und in geringerem Masse auch mit der Messung der Fettzellengrösse ($R^2=70\%$) erzielt werden. Im Gegensatz dazu war die Schätzgenauigkeit mit dem Ultraschall ($R^2<40\%$) in der Studie von Lerch et al. (2021) tiefer, was auf schwierige Messungen bei mageren Milchziegen zurückgeführt wird. Die Genauigkeit der Schätzgleichung wurde durch die Kombination von CH-TAX mit dem Körpergewicht, im Vergleich zu CH-TAX allein, nicht erhöht ($R^2=85\%$). Bei den Methoden Ultraschall ($R^2=89\%$) und Fettzellengrössen ($R^2=84\%$) konnte sie jedoch erhöht werden, wenn diese Methoden mit dem Körpergewicht

Tabelle 1: Erklärung der Regression und statistischer Begriffe

Bezeichnung	Erklärung
Regression (y=)	Die Verwendung der Regressionsgleichung ermöglicht die Vorhersage des Lipidgehalts (y) anhand einer oder mehrerer Variablen: Körpergewicht oder aus den Methoden CH-TAX, Ultraschall oder Fettzellengrösse (x).
Bestimmtheitsmass (R^2)	Je genauer die Regressionsgleichung ist, desto näher liegt das R^2 an 100% (der Anteil der Variabilität des Lipidgehalts (y) der durch die Regression aus der vorhergesagten Messung (x) erklärt wird).
Quadratwurzel des mittleren quadratischen Fehlers (RMSE)	Je genauer die Messung ist, desto kleiner ist der RMSE.
Variationskoeffizient der Residuen (rCV)	Dies ist der RMSE geteilt (normalisiert) durch den Mittelwert der vorherzusagenden Variablen (d. h. Lipidgehalt des Leerkörpers) in Prozent.

kombiniert wurden (Tabelle 3, Seite 19). Ähnliches wurde in den Studien von Bocquier et al. (1999) bei Kombination des Körpergewichts mit Fettzellengrösse ($R^2=80\%$) oder mit BCS (Body Condition Scoring, Methode ähnlich wie CH-TAX, $R^2=71\%$) und bei Lerch et al. (2021) mit BCS ($R^2=80\%$) festgestellt. Der Einbezug des Körpergewichts ermöglicht in den Schätzgleichungen Unterschiede im Format der Tiere besser zu berücksichtigen. Die beste Schätzung wurde mit der Kombination von Körpergewicht, CH-TAX und Fettzellengrösse ($R^2=95\%$) erreicht. In der Praxis ist es jedoch unwahrscheinlich, dass alle drei Messmethoden gleichzeitig zur Schätzung des Körperfettgehaltes verwendet werden.

PRAXISANWENDUNG UND PERSPEKTIVEN

Die Entnahme von Fettzellen beim lebenden Tier erfolgt durch Biopsien, was die Methode invasiv und arbeitsaufwendig macht. Deshalb bleibt sie auf den Forschungsbereich beschränkt, wo sie ihren Nutzen hat, falls keine anderen Schätzmethode anwendbar sind. Beim Ultraschall handelt es sich um eine Methode, welche wenig invasiv ist. Die korrekte Positionierung der Ultraschallsonde benötigt jedoch Erfahrung und unterliegt einer gewissen Subjektivität, da verschiedene Personen die Messung nicht exakt gleich durchführen können.

Abbildung 1: Die drei Schätzmethode im Überblick: CH-TAX, Ultraschall, Fettzellengrösse (v.l.n.r.)

Illustration 1: Aperçu des trois méthodes d'estimation: CH-TAX, échographie, taille des adipocytes (deg.à dr.)



(Quelle/Source: Proviande, Agroscope)

Wie beim Ultraschall beeinflusst auch bei der CH-TAX der Faktor Mensch die Messung, was die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Personen erschwert. Dennoch ist die CH-TAX in der Schweiz aufgrund ihrer einfachen Durchführbarkeit aktuell die Methode, welche am häufigsten angewendet wird.

Für neue Anwendungen wie beispielsweise die automatisierte Schlachtkörperbeurteilung oder die tierindividuelle Fütterung anhand der Körperzusammensetzung müssen neue Methoden entwickelt werden, die Genauigkeit, Objektivität und schnelle Erfassung kombinieren und nicht invasiv sind. Bei Kleinwiederkäuern wurde in Versuchen mittels 3D Kameras bereits erfolgreich die Körperzusammensetzung geschätzt (Lerch et al., 2021). Dank neuen Technologien könnte die Beurteilung der Körperzusammensetzung in Zukunft automatisiert werden und somit interessante Perspektiven zur Verbesserung der Schafhaltung eröffnen.

DANKSAGUNGEN

Die Autoren bedanken sich beim Team des Schafbetriebes von Lausanne für die Unterstützung bei der Durchführung des Schafversuches; bei der Agroscope (Posieux) beim Team des Schlachthauses für die Arbeiten rund um die Schlachtung und Zerkleinerung; bei der Gruppe Futtermittelchemie für die chemischen Analysen und bei der Gruppe Tierbiologie für die Messung der Fettzellengrösse; bei P. Mermoud von Proviande (Bern) für die Messung der CH-TAX; bei C. Aeschlimann und S. Guarneri vom Schweizerischen Schafzuchtverband (Niederönz) für die organisatorische Unterstützung; beim Schafzüchter H. Plüss (Rothrist) für die Einführung in die Ultraschallmessung.

FINANZIERUNG

Dieses Projekt wurde von der «Generaldirektion für Umwelt» des Kantons Waadt (Lausanne) und dem Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (Bern) im Rahmen des Vertrags Nr. 4.23.03 mitfinanziert. Die Stadt Lausanne unterstützte das Projekt durch die Bereitstellung von Tieren, Futter und Personal zur Durchführung des Schafversuchs.



DIE AUTOREN DES ARTIKELS LES AUTEURS DE CET ARTICLE

Raphael Siegenthaler ist Agronom ETH und arbeitet als Versuchskoordinator bei der Agroscope. In seiner Arbeit beschäftigt er sich mit der Forschung an Wiederkäuern. Raphael Siegenthaler est ingénieur agronome EPF et travaille comme coordinateur d'essais à Agroscope. Dans son travail, il s'intéresse à la recherche sur les ruminants.

Sylvain Lerch ist Doktor der Tierwissenschaften und Ingenieur-Agronom. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Wiederkäuerernährung und -emissionen bei Agroscope. Er forscht zur Ernährung und Physiologie von Wiederkäuern sowie zur chemischen Sicherheit von Fleisch. In diesem Zusammenhang hat er sich besonders für die Entwicklung von Methoden zur Schätzung der Körperzusammensetzung bei Rindern und Kleinwiederkäuern eingesetzt.

Sylvain Lerch, docteur en sciences animales et ingénieur agronome, est collaborateur scientifique au sein du groupe de recherche Nutrition et émissions des ruminants d'Agroscope. Il conduit des recherches portant sur la nutrition et la physiologie du ruminant, ainsi que sur la sécurité sanitaire chimique de la viande. Dans ce contexte, il s'est particulièrement investi dans le développement de méthodes d'estimation de la composition corporelle chez les bovins et les petits ruminants.

Tamara Gobet ist Biologielaborantin bei der Agroscope und beschäftigt sich mit histologischen und biochemischen Analysen für Projekte in der Tierproduktion. Sie beschäftigt sich auch mit Messungen der Fettzellengrösse im Rahmen von Studien im Zusammenhang mit der Körperzusammensetzung von Tieren.

Tamara Gobet est laborantine en biologie à Agroscope et s'occupe des analyses histologiques et biochimiques pour des projets en production animale. Elle s'occupe aussi des mesures de taille adipocytaire dans le cadre d'études en relation de la composition corporelle chez les animaux.

Estimation de la teneur en graisse corporelle chez la brebis vivante

Connaître la composition corporelle joue un rôle crucial pour la rentabilité de la garde de moutons. Son estimation permet en effet de planifier avec précision tant l'alimentation que le moment de l'abattage. Dans ce contexte, la proportion de graisse joue un rôle essentiel. Dans une étude, Agroscope a comparé trois méthodes d'estimation de la teneur en graisse corporelle chez la brebis vivante.

RAPHAEL SIEGENTHALER | TAMARA GOBET | SYLVAIN LERCH



Les moutons Roux du Valais de l'essai d'Agroscope. (Photo: Agroscope)

L'IMPORTANCE DE LA COMPOSITION CORPORELLE DANS LA GARDE DE MOUTONS

La composition corporelle se définit comme les proportions d'eau, de protéines, de lipides et de minéraux dans l'organisme. Elle évolue constamment au fil du temps, compte tenu notamment des besoins pour le métabolisme de base, la croissance, la reproduction et la production laitière. L'accumulation et la mobilisation des réserves corporelles, notamment de lipides, permettent à l'animal de réagir aux influences environnementales telles que la pénurie de nourriture, le stress thermique ou les maladies. Pour les carcasses aussi, la proportion de graisse en particulier est importante car, évaluée à partir de la classification CH-TAX, elle a une incidence sur le prix. Pour ces raisons, une évaluation précise de la teneur en graisse corporelle et de sa dynamique chez l'animal vivant est d'une grande importance

pour la rentabilité des exploitations ovines. Il existe différentes méthodes d'estimation chez les animaux de rente, dont certaines ne sont mises en œuvre que dans le domaine de la recherche, tandis que d'autres sont également appliquées sur le terrain.

Dans le cadre de l'essai, la teneur en graisse corporelle des brebis a été estimée à l'aide de la classification CH-TAX, de l'échographie (mesure de l'épaisseur du tissu adipeux sous-cutané) et de la mesure de la taille des adipocytes (illustration 1, page 14). Après l'abattage, ces méthodes ont été comparées à la méthode de référence, à savoir la teneur en graisse corporelle déterminée chimiquement.

ANIMAUX ET MÉTHODES D'ESTIMATION

L'essai a porté sur 10 brebis de la race Roux du Valais (âge Ø 5.2 ans, écart-type (ET) 1.7 an). Une brebis était en lactation (35 jours),

les neuf autres étaient taries (jours après le sevrage: Ø 115 jours ± ET 25 jours). La ration de base était composée de foin écologique, distribué ad libitum et complété chaque matin par un aliment concentré et des cubes de maïs entier.

Au cours des 2 à 3 jours précédant l'abattage, le poids corporel des animaux a été noté et la mesure de la CH-TAX (selon la grille de Proviande) a été effectuée. L'épaisseur du tissu adipeux sous-cutané a également été mesurée par échographie (LOGIQ® e R8, GE HealthCare, Chicago, Illinois, États-Unis). La sonde à ultrasons (sonde linéaire 9L-RS, 3.33–10.0 MHz) a été placée à cet effet entre la deuxième et la troisième vertèbre lombaire, perpendiculairement à la direction longitudinale de la colonne vertébrale. Une fois les mesures effectuées sur l'animal vivant, les animaux ont été abattus dans les jours qui ont suivi à l'abattoir d'Agroscope Posieux (FR).

Immédiatement après l'abattage, environ 1 g de tissu adipeux sous-cutané a été prélevé au niveau du sternum et fixé dans de l'acide osmique afin de mesurer au microscope le diamètre des adipocytes selon la méthode de Robelin (1981). La composition corporelle de référence des animaux a été déterminée chimiquement après l'abattage (gold standard). Pour ce faire, les carcasses des animaux et ce que l'on appelle le «cinquième quartier» (sang, peau, tête, cornes, partie inférieure des membres, abats (tube digestif et vessie vidés)) ont été finement broyés et analysés chimiquement (analyse des lipides par extraction Soxhlet selon Driesen et al., 2022). Les résultats des analyses ont ensuite pu être évalués statistiquement et des régressions linéaires (explication dans le tableau 1) ont été établies entre les différentes méthodes d'estimation (CH-TAX, échographie et taille des adipocytes), et la teneur en graisse corporelle de référence mesurée chimiquement.

CH-TAX ET ÉCHOGRAPHIE SONT LES PLUS PRÉCIS

L'étude avait pour but de comparer la précision de trois méthodes d'estimation de la teneur en graisse corporelle des brebis vivantes. Pour une vue d'ensemble, les valeurs mesurées sont listées dans le tableau 2 (page 18).

L'illustration 2 (page 18) montre les régressions des trois méthodes d'estimation ainsi que celle du poids vif. Les régressions montrent que le poids vif seul ne permet pas d'estimer avec précision le taux de graisse corporelle ($R^2=49\%$). Cela concorde avec des études similaires menées sur des brebis (Bocquier et al. 1999, $R^2=53\%$) et des

Tableau 1: Explication de la régression et des notions statistiques

Notion	Explication
Régression ($y=$)	L'utilisation de l'équation de régression permet de prédire la teneur en lipides (y) à partir d'une ou de plusieurs variables: poids vif ou à partir des méthodes CH-TAX, échographie ou taille des adipocytes (x)
Coefficient de détermination (R^2)	Plus l'équation de régression est précise, plus le R^2 est proche de 100% (la part de la variabilité de la teneur en lipides (y) qui est expliquée par la régression à partir de la mesure prédictive (x)).
Racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (RMSE)	Plus la mesure est précise, plus le RMSE est faible.
Coefficient de variation des résidus (rCV)	Il s'agit du RMSE divisé (normalisé) par la valeur moyenne de la variable à prédire (c'est-à-dire la teneur en lipides de la carcasse vide), exprimée en pourcentage.

STIMA DELLA PERCENTUALE DI GRASSO CORPOREO IN UNA PECORA VIVA

Grazie a una conoscenza accurata della composizione corporea (proporzione tra i vari componenti dell'organismo, come acqua, proteine, grassi e minerali), è possibile pianificare con precisione l'alimentazione e il momento della macellazione.

In uno studio condotto da Agroscope sono stati utilizzati i seguenti tre metodi per determinare la percentuale di grasso corporeo, cioè la massa grassa, in pecore che hanno avuto una o più gravidanze: il sistema di classificazione CH-TAX per stimare la carnosità e la copertura di grasso, l'ecografia (ultrasuoni) per misurare lo spessore del tessuto adiposo sottocutaneo e la misurazione della dimensione delle cellule adipose. In seguito, i valori ottenuti sono stati confrontati con la percentuale di grasso corporeo determinata chimicamente.

Prima della macellazione è stato rilevato il peso corporeo di 10 femmine della razza ovina «Roux du Valais» e sono state effettuate delle misurazioni applicando il sistema CH-TAX e usando l'ecografia. Per contro, il diametro delle cellule adipose è stato determinato soltanto dopo la macellazione.

Le carcasse degli animali e le loro frattaglie, note anche come quinto quarto (sangue, pelle, testa, corna, parte inferiore degli arti, interiora e vescica svuotata), sono state macinate finemente e analizzate chimicamente. La stima della percentuale di grasso corporeo basata unicamente sul peso corporeo non ha fornito risultati soddisfacenti. La percentuale di massa grassa poteva essere determinata con maggiore precisione utilizzando il sistema CH-TAX e il metodo ecografico e, anche se in minor misura, misurando le dimensioni delle cellule grasse. L'aggiunta del peso corporeo ha aumentato la precisione della stima tramite ultrasuoni e la misurazione delle dimensioni delle cellule adipose, cosa che non è avvenuta quando è stato applicato il sistema CH-TAX.

La migliore stima della percentuale di grasso corporeo è stata ottenuta combinando peso corporeo, CH-TAX e dimensioni delle cellule adipose, anche se in condizioni pratiche è difficile rilevare tutti e tre i parametri. Il prelievo di cellule adipose (biopsia) da animali vivi è un metodo invasivo e richiede un notevole dispendio di lavoro, pertanto tale procedura è limitata al campo della ricerca. Il metodo a ultrasuoni è meno invasivo, ma presenta delle difficoltà (posizionamento della sonda) ed è piuttosto soggettivo, poiché ogni persona che esegue l'esame non lo esegue esattamente allo stesso modo. Il sistema CH-TAX è a sua volta influenzato da una valutazione individuale, ma è attualmente il metodo più utilizzato grazie alla sua semplicità di applicazione. I nuovi sistemi, come la valutazione automatizzata della carcassa o l'alimentazione specifica dell'animale in base alla sua composizione corporea, richiedono nuovi metodi di stima che non solo combinino precisione, obiettività e registrazione rapida, ma che siano allo stesso tempo non invasivi. In futuro, la valutazione della composizione corporea potrebbe essere automatizzata utilizzando nuove tecnologie come le immagini in 3D, il che aprirebbe interessanti prospettive per l'allevamento ovino.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Messwerte vor und nach der Schlachtung

Tableau 2: Récapitulation des valeurs mesurées avant et après l'abattage

	Mittelwert Moyenne	Standardabweichung Écart-type	Minimum	Maximum
Körpergewicht (kg) Poids vif (kg)	59.1	9.3	41.2	70.8
Leerkörpergewicht (kg) Poids du corps vide (kg)	45.1	8.2	28.1	58.0
Lipide (%) Lipides (%)	22.0	8.2	7.4	33.3
Fleischigkeitsklasse (CH-TAX) Classe de charnure (CH-TAX)	2.2	0.6	1.0	3.0
Fettgewebeklasse (CH-TAX) Classe de tissu gras (CH-TAX)	2.8	1.0	1.0	4.0
Ultraschall (cm) Échographie (cm)	0.69	0.25	0.12	0.95
Fettzellengröße (µm) Taille des adipocytes (µm)	65.2	11.7	35.7	73.8

Leerkörpergewicht = Körpergewicht inkl. Blut minus Magen-Darm- und Harnblaseninhalt.

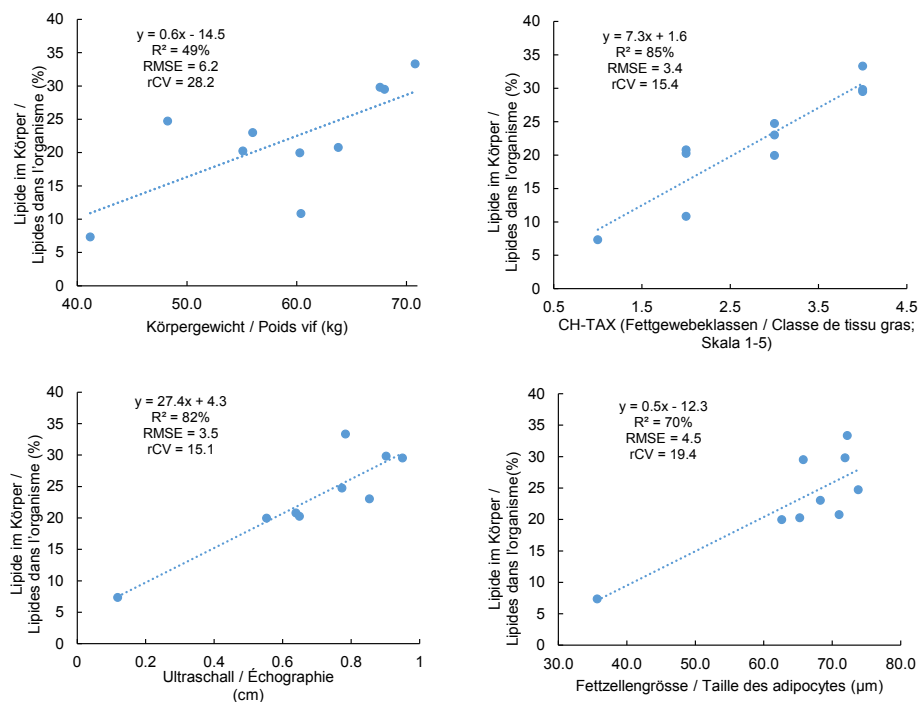
CH-TAX: Buchstaben wurden für die Auswertung in Zahlen umgewandelt: X=1, A=2, T=3, H=4, C=5

Poids du corps vide = poids vif, sang compris, moins le contenu du tractus digestif, des intestins et de la vessie.

CH-TAX: pour l'évaluation, les lettres ont été converties en chiffres: X=1, A=2, T=3, H=4, C=5

Abbildung 2: Einfache lineare Regressionen von Lipidanteil im Körper vs. Körpergewicht, CH-TAX, Ultraschall, Fettzellengröße

Illustration 2: Régressions linéaires simples de la proportion de lipides dans l'organisme vs poids vif, CH-TAX, échographie, taille des adipocytes



Punkte in der Abbildung entsprechen den Messungen bei den Schafen.

Les points du graphique représentent chacun une brebis.

chèvres laitières (Lerch et al. 2021, $R^2=43\%$). Dans la présente étude, des estimations plus précises ont été obtenues à partir de la CH-TAX ($R^2=85\%$) et de la mesure par échographie ($R^2=82\%$) et, dans une moindre mesure, avec la mesure de la taille des adipocytes ($R^2=70\%$). Par contre, la précision de l'estimation par échographie ($R^2<40\%$) était plus faible dans l'étude de Lerch et al. (2021), ce qui est attribué à des mesures difficiles chez les chèvres laitières maigres.

La précision de l'équation d'estimation n'a pas été améliorée par la combinaison de la classe de tissu gras CH-TAX et du poids vif, par rapport à la CH-TAX seule ($R^2=85\%$). Elle a toutefois pu être augmentée pour les méthodes de l'échographie ($R^2=89\%$) et de la taille des adipocytes ($R^2=84\%$) lorsqu'elles étaient combinées avec le poids vif (tableau 3, page 19). Des résultats similaires ont été observés dans les études de Bocquier et al. (1999) en combinant le poids vif avec la taille des adipocytes ($R^2=80\%$) ou avec le BCS (Body Condition Scoring, méthode similaire à la CH-TAX, $R^2=71\%$) et chez Lerch et al. (2021) avec le BCS ($R^2=80\%$). L'ajout du poids vif aux équations d'estimation permet de mieux tenir compte des différences de gabarit entre animaux. La meilleure estimation a été obtenue en combinant le poids vif, la CH-TAX et la taille des adipocytes ($R^2=95\%$). Dans la pratique, il est toutefois peu probable que les trois méthodes de mesure soient utilisées simultanément pour estimer le taux de graisse corporelle.

APPLICATION PRATIQUE ET PERSPECTIVES

Le prélèvement d'adipocytes sur l'animal vivant se fait par biopsie, ce qui rend la méthode invasive et laborieuse. C'est pourquoi elle reste limitée au domaine de la recherche, où elle a son utilité lorsqu'aucune autre méthode d'estimation n'est applicable.

L'échographie est une méthode peu invasive. Le positionnement correct de la sonde à ultrasons nécessite toutefois de l'expérience et présente une certaine subjectivité, car différentes personnes peuvent ne pas effectuer la mesure exactement de la même manière.

Comme pour l'échographie, le facteur humain influence la mesure CH-TAX, ce qui rend difficile la comparaison des estimatifs obtenus par différentes personnes. Néanmoins, en raison de sa facilité de mise en œuvre, la CH-TAX est actuellement la méthode la plus utilisée en Suisse.

Pour de nouvelles applications telles que l'évaluation automatisée des carcasses ou l'alimentation individuelle des animaux sur

Tabelle 3: Multiple lineare Regressionen zur Schätzung des Körperfettgehaltes anhand des Körpergewichts (KG) + Ultraschall (US), KG + Fettzellengrösse (FZ) oder KG+FZ+Fettgewebeklasse (CHTAX)

Tableau 3: Régressions linéaires multiples pour l'estimation du taux de graisse corporelle à partir du poids vif (PV) + échographie (EG), PV + taille des adipocytes (TA) ou PV+TA+Classe de tissu gras (CHTAX)

	KG-US PV-EG	KG-FZ PV-TA	KG+FZ+CHTAX PV+TA+CHTAX
Schätzgleichung (Regression) Équation d'estimation (régression)	$0.29 \times \text{KG/PV} + 19.39$ $\times \text{US/EG} - 7.51$	$0.38 \times \text{KG/PV} + 0.34 \times$ $\text{FZ/TA} - 21.23$	$0.12 \times \text{KG/PV} + 0.22 \times$ $\text{FZ/TA} + 4.25 \times \text{CHTAX} - 10.33$
R ² (%)	89	84	95
RMSE (%)	2.9	3.6	2.1
rCV (%)	12.6	15.4	8.9

la base de leur composition corporelle, il est nécessaire de développer de nouvelles méthodes qui combinent précision, objectivité et rapidité d'acquisition, sans être invasives. Chez les petits ruminants, des essais utilisant des caméras 3D ont déjà permis d'estimer avec succès la composition corporelle (Lerch et al., 2021). Grâce aux nouvelles technologies, l'évaluation de la composition corporelle pourrait être automatisée à l'avenir, ouvrant ainsi des perspectives intéressantes pour améliorer la garde de moutons.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'équipe de l'exploitation ovine de Lausanne pour son soutien dans la réalisation de l'essai sur les moutons; l'équipe de l'abattoir d'Agroscope (Posieux) pour les travaux autour de l'abattage et du broyage; le groupe de chimie des aliments

pour animaux pour les analyses chimiques et le groupe de biologie animale pour la mesure de la taille des adipocytes; P. Mermoud de Proviande (Berne) pour la mesure de la CH-TAX; C. Aeschlimann et S. Guarneri de la Fédération suisse d'élevage ovin (Niederönz) pour leur soutien organisationnel; l'éleveur de moutons H. Plüss (Rothrist) pour l'introduction à la mesure par échographie.

FINANCEMENT

Ce projet a été cofinancé par la «Direction générale de l'environnement» du Canton de Vaud (Lausanne) et l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (Berne) dans le cadre du contrat n° 4.23.03. La ville de Lausanne a soutenu le projet en fournissant les animaux, le fourrage et le personnel nécessaires à la réalisation de l'essai sur les moutons.

LITERATUR | LITTÉRATURE

Bocquier, Francois, et al. «Comparison of three methods for the in vivo estimation of body composition in dairy ewes.» *Annales de zootechnie*. Vol. 48. No. 4. 1999

Driesen, Charlotte, et al. «Accumulation and decontamination kinetics of PCBs and PCDD/Fs from grass silage and soil in a transgenerational cow-calf setting.» *Chemosphere* 296 (2022): 133951

Lerch, Sylvain, et al. «Estimation of dairy goat body composition: A direct calibration and comparison of eight methods.» *Methods* 186 (2021): 68–78

Robelin, J. «Cellularity of bovine adipose tissues: developmental changes from 15 to 65 percent mature weight.» *Journal of Lipid Research* 22.3 (1981): 452–457