

# Liquorgewinnung beim Pferd – Indikationen, Durchführung und Labordiagnostik

Rosa Barsnick

Die Liquorgewinnung liefert wertvolle Hinweise für das Vorhandensein bestimmter neurologischer Erkrankungen. Oftmals kann nur durch sie überhaupt eine definitive Diagnose gestellt werden. Vor diesem Hintergrund ist das zuweilen riskante Unterfangen einer Punktion zweifelsfrei gerechtfertigt, stellt aber nach wie vor die Ausnahme in der freien Praxis dar.

## Einleitung

Liquoruntersuchungen sind ein wichtiger Aspekt der Diagnostik von neurologischen Erkrankungen – insbesondere, wenn mechanische Ursachen (Wirbelsäulenerkrankungen wie Zervikale Vertebrale Malformation oder Trauma) und metabolische Ätiologien (Leber- oder Nierenversagen mit sekundärer Enzephalopathie) bereits ausgeschlossen wurden. In der Praxis werden Liquoruntersuchungen jedoch eher selten durchgeführt, sei es, weil es hierfür an Routine bei der Durchführung der Liquorpunktion selbst oder an Möglichkeiten des Probenhandlings mangelt. Dieser Artikel beschreibt die Indikationen für die Liquoruntersuchung und die Durchführung von Liquorentnahmen sowie diagnostische Untersuchungsmöglichkeiten, Verarbeitung der Liquorproben und Interpretation der Befunde im Rahmen der Pferdepraxis.

## Funktion des Liquors

Der Liquor cerebrospinalis (Cerebrospinalflüssigkeit, CSF oder umgangssprachlich Hirnwasser) ist ein **Ultrafiltrat des Plasmas**, wobei 60–70% in den choroidalen Plexus der Hirnventrikel durch kapilläre Filtration und epitheliale Sekretion gebildet werden. Die übrigen 30–40% werden extrachoroidal in den Leptomeningen gebildet. Die Produktion ist abhängig von Natrium-Transport bzw. Osmose und variiert mit einer gebildeten Menge zwischen 0,02–0,05 ml/min.

Der Liquor bildet einen physikalischen **Schutz des zentralen Nervensystems (ZNS)** in Form einer „Stoßdämpfung“ durch „Aufschwimmen“ des Gehirns und Rückenmarks. Zudem ist er, ganz ähnlich wie beim lymphatischen System die Lymphe, ein **Transportmedium für Nähr- und Botenstoffe** sowie Abfallprodukte, um die Aufrechterhaltung des biochemischen Milieus im ZNS zu gewährleisten. Die Blut-Hirn-Schranke verhindert dabei, dass schädliche Substanzen, Proteine und Zellen aus dem Blut in das



► **Abb. 1** Punktionsstelle für die atlanto-okzipitale Punktion (blau markiert) am Skelett. © R. Barsnick, Pferdekl. Burg Müggenhausen

ZNS übertreten. Nährstoffe wie Glukose hingegen können die Blut-Hirn-Schranke passieren.

## Indikationen für die Liquorgewinnung

Die Liquorgewinnung findet **ausschließlich bei neurologischen Erkrankungen** Anwendung. Abgesehen von der Durchführung von Myelografien dient die Punktion des Liquorraums im Wesentlichen der Gewinnung einer Probe für die labordiagnostische Untersuchung. Hierbei ist die Liquordiagnostik als einer von vielen Aspekten der neurologischen Diagnostik anzusehen. Sie steht ähnlich wie die Blutentnahme, die weiterführend für verschiedene diagnostische Zwecke genutzt wird, immer im Zusammenhang mit der klinischen Untersuchung und anderen weiterführenden Untersuchungen.

Die **Liquordiagnostik** beinhaltet Untersuchungen der enthaltenen **Zellen** (Zellzahlanalyse und Zytologie) und **biochemischer Parameter** sowie je nach Fragestellung Untersuchungen auf **spezifische Antikörper** oder mikrobiologische Untersuchungen. Deshalb ist jede ungeklärte neurologische Erkrankung, bei der mechanische und metabolische Ursachen (Trauma, Rückenmarkskompression, Leber- oder Nierenversagen) ausgeschlossen werden konnten, eine Indikation für die Liquorgewinnung. Dies gilt im Wesentlichen bei einem **Verdacht auf Infektionskrankheiten** (bakteriell, viral, parasitär) **oder Neoplasien**. Seltener ist die Liquordiagnostik hilfreich bei neurodegenerativen Erkrankungen.

## Drei verschiedene Punktionsstechniken

### Allgemeine Voraussetzungen

Bevor in der Praxis eine Liquorpunktion geplant und durchgeführt wird, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein:

#### 1. Übung in der Durchführung der Technik

Eine Liquorpunktion birgt das Risiko, das ZNS bzw. sensible Nervenbahnen zu touchieren, was zu erheblichen Reaktionen beim Pferd führen kann und damit eine Gefahr für das Pferd und die beteiligten Personen darstellt. Deshalb sollten nur geübte Untersucher eine Liquorpunktion durchführen. Hierfür eignet sich die Teilnahme an praktischen Fortbildungen, Anleitung durch erfahrene Kollegen und das Üben an Präparaten (toten Pferden).

#### 2. Zeitnahe Bearbeitung und Konservierung der Proben

Die Zellen im Liquor haben eine extrem kurze Haltbarkeit (wenige Stunden), weil das Milieu zu einer sehr schnellen Lyse der Zellen führt. Am besten eignet sich eine Zytospinzentrifuge zur direkten Herstellung von zytologi-

schen Präparaten. Alternativ kann in Absprache mit dem Labor eine andere Konservierungsart, z. B. das Hinzufügen der gleichen Menge von 50% Ethanol und ein möglichst schneller Transport ins Labor und dortige Weiterverarbeitung organisiert werden. Biochemische Parameter lassen sich durch Kühlung/Einfrieren bis zur Analyse schützen.

#### 3. Räumlichkeiten und Geräte je nach Methode

Narkosemöglichkeit, Untersuchungsstand oder Ultraschallgerät mit Konvexsonden sind je nach gewählter Entnahmetechnik vonnöten.

### Wahl der Punktionsstelle

Abgesehen von den bereits diskutierten Voraussetzungen (Knowhow, Geräte, Räumlichkeiten), sollte die Wahl der Punktionsstelle aufgrund der vermuteten neurologischen Läsion gewählt werden.

Konkret bedeutet das, dass

- bei Erkrankungen im Bereich des Gehirns (Kopfnervenausfälle, zerebrale Symptome) eine kraniale Punktionsstelle und
- bei Erkrankungen des Rückenmarks eine kaudale Punktionsstelle gewählt werden sollte, um die Probe möglichst läSIONSNAH zu gewinnen.

Eine ausführliche neurologische Untersuchung zur Lokalisationsbestimmung mit Erstellung einer Liste von Differenzialdiagnosen ist hierfür hilfreich: So ist bei spinaler Ataxie, die durch mechanische Kompression z. B. bei zervikaler vertebraler Malformation oder Wirbelsäulentrauma hervorgerufen wird, die Punktion eher von untergeordnetem Interesse, kann aber bei der Untersuchung auf Infektionskrankheiten ein wichtiges Diagnostikum darstellen.

Andere Faktoren, wie z. B. der Allgemeinzustand des Pferdes (Vollnarkose vs. Sedation), neurologischer Zustand (stabiler Stand in Sedation überhaupt gewährleistet?), müssen individuell in Betracht gezogen werden.

### Atlanto-okzipitale Punktion (AO)

#### Vorbereitung

- Vollnarkose
- Spinalkanüle 20 oder 18 Gauge, 9 cm

**Vorgehensweise** Das Pferd wird in Vollnarkose in **Seitenlage** gelagert. Der Nackenbereich wird großzügig geschoren und die Ohren werden nach vorne, z. B. mit Klebeband, fixiert. Die Punktionsstelle wird steril vorbereitet (hierfür eignen sich Standardprotokolle für die aseptische Vorbereitung von chirurgischen Eingriffen oder Gelenkpunktionen). Eine Hilfsperson beugt den Kopf so, dass zwischen Okziput und Atlas ein guter Zugang zum Liquorraum entsteht. Die mittlere Beugung ohne großen Kraftaufwand reicht aus, wichtig ist jedoch, dass der Kopf



► **Abb. 2 Atlanto-okzipitale Punktion am liegenden Pferd.** a Der Kopf des in Seitenlage befindlichen, narkotisierten Pferdes ist mittelgradig gebeugt. Der Hals ist gerade und an keiner Stelle verdreht. Die zusammengeklebten Ohren des Pferdes weisen zur Nase. Daumen und Mittelfinger palpieren die Atlasflügel. b Mittig auf dem höchsten Punkt, 1–2 cm vor der Verbindungslinie zwischen den beiden Atlasflügeln, befindet sich die Einstichstelle. c Die Spinalkanüle wird senkrecht zur Haut, langsam in Richtung Unterlippe vorgeschoben. d Korrekter Sitz der Kanüle mit Abfluss von Liquor. © R. Barsnick, Pferdeklinik Burg Müggenhausen

nicht verdreht wird. Von den unter der Haut palpierbaren Atlasflügeln zieht man eine gedachte Verbindungslinie. Etwa 1–2 cm vor dieser Linie befindet sich die Einstichstelle (► **Abb. 1, Abb. 2**).

Die Spinalkanüle wird senkrecht zur Haut in Richtung Unterlippe langsam vorgeschoben. Dabei ist mit sterilen Handschuhen zu arbeiten und die Kanüle zu fixieren, um eine bessere Kontrolle über die Stichrichtung zu haben. Weil man nicht immer den Durchtritt der Kanüle (bei ca. 4–6 cm Einstichtiefe beim 500 kg schweren Pferd) durch die Dura fühlt, sollte vorsichtshalber beim langsamen Vorschieben immer wieder das Stilet der Spinalkanüle entfernt werden, um auf freien Abfluss von Liquor zu prüfen. Es muss an dieser Stelle nicht aspiriert werden! Das langsame Vorschieben und wiederholte Prüfen auf Liquor durch Zurückziehen des Stiletts ist wichtig, damit das Rückenmark nicht durch die Kanüle verletzt wird.

Sobald Liquor abfließt, kann dieser frei in einem Glas- oder Kunststoffröhrchen aufgefangen werden. Bei Myelogrammen wird der Liquor langsam und vorsichtig aspiriert, um die Menge zu entnehmen, die anschließend durch das Kontrastmittel ersetzt werden soll.

#### Merke

Stößt man auf Knochen, ist die Einstichrichtung wahrscheinlich ein wenig zu kaudal gewählt. Die Kanüle wird zurückgezogen und neu positioniert.

Die Punktion derselben anatomischen Lokalisation **am stehenden Pferd** wurde 2014 von Depecker et al. beschrieben. Diese Methode hat jedoch gegenüber der Liquorpunktion am stehenden Pferd von lateral zwischen Atlas und Axis (s. u.) den Nachteil, dass Pferde dazu neigen, bei Erschrecken oder Schmerzempfindung den Kopf hochzuziehen. Dies kann bei der AO-Punktion im Stehen zur Verletzung des ZNS führen.

#### Lumbo-sakrale Punktion (LS)

##### Vorbereitung

- Sedation mit Detomidin (10 µg/kg) und Butorphanol (0,1 mg/kg)
- Untersuchungsstand
- Lokalanästhesie, 5–10 ml Lidocain
- Spinalkanüle 20 oder 18 Gauge, 15 cm

Das Pferd **sediert in einem Untersuchungsstand** zu punktieren, ist auch aus Sicherheitsgründen von großem Vorteil, weil beim Durchstoßen der Dura mater oft eine





► **Abb. 3** Lumbo-sakrale Punktion am stehenden Pferd. **a** Ziehen einer gedachten Linie zwischen beiden Hüfthöckern. Zwischen dem 6. Lumbalwirbel und den Tuber sacrale befindet sich die Einstichstelle direkt auf der Wirbelsäule. **b** Vorsichtiges Einführen der Kanüle senkrecht nach unten. **c** Gewinnung von Liquor. © R. Barsnick, Pferdeklunik Burg Müggenhausen

z. T. heftige Reaktion beim Pferd ausgelöst wird, wie man auf folgendem YouTube-Video gut sehen kann: [www.youtube.com/hjR19b9kYKI](http://www.youtube.com/hjR19b9kYKI) (Video von Dr. Kelsey Hart, DACVIM, University of Georgia)

Die Kombination eines  $\alpha_2$ -Agonisten (Detomidin) mit einem Opioid (Butorphanol) ergibt eine tiefe, ruhige Sedation und reduzierte Schmerzempfindung für die Liquorpunktion. Zusätzlich empfiehlt sich eine Lokalanästhesie subkutan und intramuskulär in die lumbale Region, entlang der Einstichrichtung, die später auch für die Punktion gewählt wird. Hier sticht man eine 20 G/7 cm Kanüle in Punktionsrichtung ein und setzt beim Zurückziehen das Lokalanästhetikum ab.

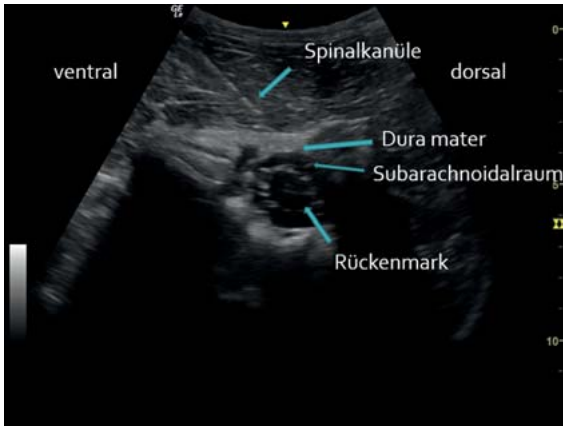
#### Vorgehensweise

Die Punktionsstelle findet man, indem man zwischen den beiden Hüfthöckern (Tuber coxae) eine gedachte Linie über die Wirbelsäule hinweg zieht (► **Abb. 3**). Der Schnittpunkt dieser Linie mit der Wirbelsäule befindet sich kurz hinter dem 6. Lumbalwirbel, dessen Dornfortsatz man palpieren kann. Etwas weiter kaudal kann man die beiden Kreuzbeinhöcker (Tuber sacrale) ertasten. Zwischen diesen und dem 6. Lumbalwirbel liegt der lumbosakrale Raum, der die Punktionsstelle darstellt. Dieser Bereich wird großzügig geschoren und die Punktionsstelle steril vorbereitet. Hierfür eignen sich Standardprotokolle für die aseptische Vorbereitung von chirurgischen Eingriffen oder Gelenkpunktionen.

Eine Hilfsperson fixiert das Pferd am Kopf, eine weitere hilft ggf. der Person, die die Punktion durchführt, indem sie von hinten die **streng senkrecht geführte Stichrichtung** der Kanüle verfolgt und ggf. korrigiert. Besonders bei sehr ataktischen Pferden, die die Hintergliedmaßen nicht gleichmäßig belasten können, kann dies schwierig sein. Oft hilft es, wenn man an der Punktionsstelle zuerst die Haut mit einer 18 G-Kanüle durchsticht. Dann wird die Spinalkanüle langsam senkrecht vorgeführt, bis man durch die Dura mater gelangt.

Wichtig: Nur mit sterilen Handschuhen arbeiten und die Kanüle unten fixieren, um eine bessere Kontrolle über die Stichrichtung zu haben. Beim **Durchstechen der Dura mater** fühlt man einen leichten Widerstand und das Pferd reagiert in der Regel mit einem Schweifschlag, einem kurzen Bocken oder gar mit Ausschlagen der Hinterbeine.

Spätestens jetzt sollte man das Stilet einmal entfernen und mittels vorsichtiger Aspiration prüfen, ob man Liquor gewinnen kann. Der Liquor sollte leicht zu aspirieren sein. Die Liquorprobe kann bei dieser Punktionsstelle häufiger durch Blut kontaminiert werden. In solch einem Fall sollte nach jeder Aspiration von jeweils 3 ml Liquor die Spritze immer wieder gewechselt werden, bis der Liquor klar nachkommt. Es kann gefahrlos eine Probe von insgesamt 20 ml gewonnen werden. Wenn man auf Knochen stößt, wird die Kanüle zurückgezogen und neu positioniert.



► **Abb. 4** Ultraschografische Darstellung der Punktionsstelle des Liquorraums zwischen C1 und C2.  
© R. Barsnick, Pferdeklinik Burg Müggenhausen



► **Abb. 5** Punktionsstelle für die C1–C2-Punktion am Skelett.  
© R. Barsnick, Pferdeklinik Burg Müggenhausen.

## Punktion zwischen C1 und C2

### Vorbereitung

- Sedation mit Detomidin (10 µg/kg) und Butorphanol (0,1 mg/kg)
- Untersuchungsstand
- Spinalkanüle 20 Gauge, 9 cm

Auch bei dieser Liquorentnahmetechnik ist es von Vorteil, das Pferd in einem Untersuchungsstand zu fixieren und eine Kombination eines  $\alpha_2$ -Agonisten (Detomidin) mit einem Opioid (Butorphanol) zu verwenden. Eine subkutane Lokalanästhesie ist nur bei besonders sensiblen Pferden nötig.

Die Punktionsstelle wird zunächst ultraschografisch aufgesucht, wofür das Fell mit Isopropylalkohol getränkt wird. Zwischen Atlas und Axis wird mit einer Konkavsonde (Mikrokonvex 8 MHz oder Linearkonvex 5 MHz) der Liquorraum mit dem darin liegenden Rückenmark im Querschnitt lokalisiert (► **Abb. 4**).

### Durchführung

Der Punktionsbereich wird großzügig geschoren und die Punktionsstelle steril vorbereitet. Hierfür eignen sich Standardprotokolle für die aseptische Vorbereitung von chirurgischen Eingriffen oder Gelenkpunktionen. Eine Hilfsperson fixiert das Pferd mit dem Kopf in einer neutralen Position. Unter sterilen Bedingungen (sterile Handschuhe, steril verhüllte Ultraschallsonde, steriles Ultraschallgel oder reiner Isopropylalkohol) wird die Spinalkanüle parallel zur Sonde von ventral in Richtung Liquorraum unter strenger Ultraschallkontrolle vorgeführt, bis sie die Dura mater durchstößt. Liquor läuft nach Herausziehen des Stiletts leicht ab und kann aufgefangen oder aspiriert werden (► **Abb. 5**).

### Merke

Bei Abwehrbewegungen des Pferdes sollte man die Kanüle sofort zurückziehen und die Punktion mit besserer Ruhigstellung wiederholen.

## Labordiagnostik

### Probengefäße und grobsinnliche Beurteilung

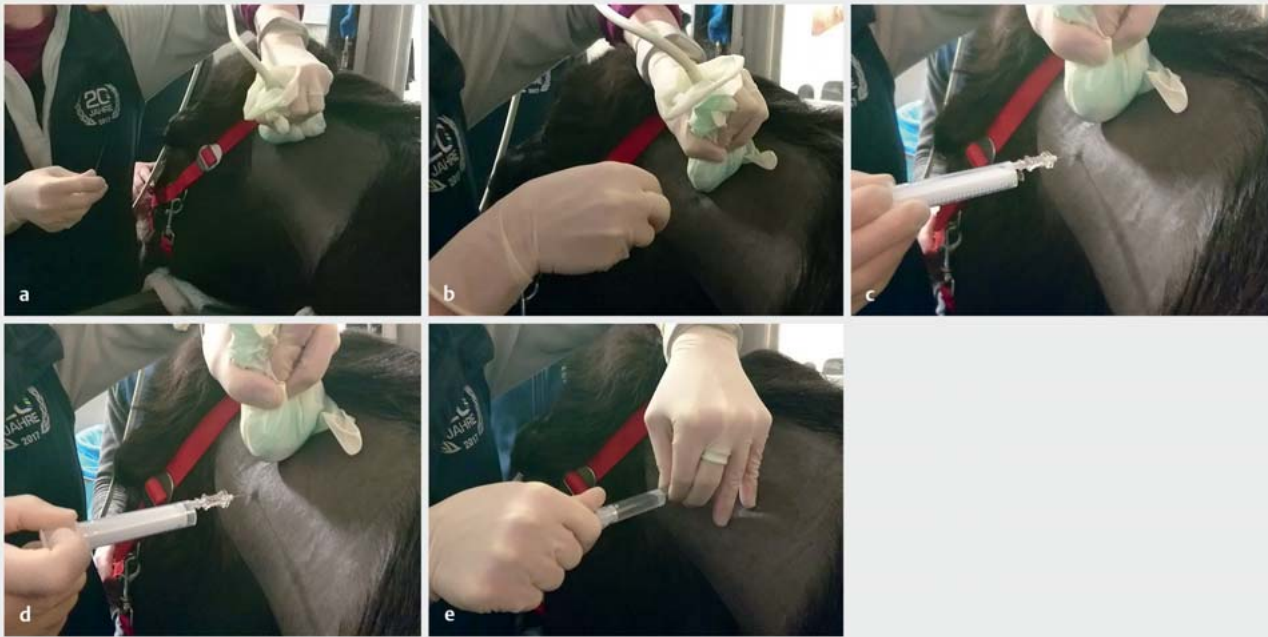
Die Probengefäße, in denen der Liquor aufgefangen wird, sollten aus klarem Glas oder Kunststoff sein. Da Liquor meist nicht gerinnt, sind EDTA-Röhrchen nur nötig, wenn die Probe blutig oder sehr trüb bzw. purulent ist.

Man beginnt mit der „grobsinnlichen“, optischen Beurteilung vor einem weißen Hintergrund. Normaler Liquor ist farblos, klar und wässrig mit einem spezifischen Gewicht von 1.004–1.008. Ist die Probe offensichtlich mit frischem Blut kontaminiert, kann der zelluläre Anteil zentrifugiert werden, um den Überstand zu klären. Bleibt der Liquor verfärbt (z. B. gelblich), sind auch gelöste Blutfarbstoffe enthalten, was in jedem Fall als pathologisch anzusehen ist.

### Färbung und Trübung

Bei der Gelbfärbung durch Blutfarbstoffe (Oxyhämoglobin, Bilirubin) spricht man von einer **Xanthochromie**, die für eine Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke und/oder Hämorrhagie beweisend ist. Auch eine Rotfärbung kann vorkommen, die auf eine Hämorrhagie zurückzuführen ist (► **Abb. 7**).

Beides deutet auf pathologische Zustände im ZNS (wie z. B. subarachnoidale Hämorrhagie durch Trauma, Infektionskrankheiten, Vaskulitis oder Neoplasie) hin. Eine Trübung des Liquors ist ein Hinweis auf eine erhöhte Zellzahl (> 500/µl). In der Regel ist Zellreichtum im Liquor (Pleozy-



► **Abb. 6** Vorgehensweise bei der Liquorpunktion im Bereich C1 und C2. a Sonografie zum Auffinden der korrekten Einstichstelle. b Aufsetzen der Kanüle und Einstich in die Haut. c Vorschieben der Nadel unter ultrasonografischer Kontrolle. d Aufgesetzte Spritze zur Gewinnung von Liquor. e Aspiration von Liquor. © R. Barsnick, Pferdeklunik Burg Müggenhausen

tose) bakteriell bedingt. Eine Trübung kann aber auch von Lipiden des epiduralen Fetts stammen (selten).

### Zellzahl und Pleozytose

Bei Kontamination mit Erythrozyten aus dem peripheren Blut müssen die auch im Blut vorhandenen Leukozyten nach der Zellzahlbestimmung ggf. „herausgerechnet“ werden – Blut enthält ca. 1 Leukozyt pro 500–700 RCB/ $\mu\text{l}$ . Bei minimaler Kontamination fallen diese Zahlen jedoch nicht sehr ins Gewicht.

#### Merke

**In der Zerebrospinalflüssigkeit kommen i. d. R. keine Erythrozyten vor. Die Anzahl der Erythrozyten, der „Red Blood Cell Count“ (RBC), ist somit gleich null.**

Die Zellzahlbestimmung wird, wie z. B. auch bei Peritonealflüssigkeit, als Gesamtzahl der kernhaltigen Zellen, „Total Nucleated Cell Count“ (TNCC), angegeben. Physiologisch ist eine Zellzahl von unter 3–6 Zellen je Mikroliter ( $<3/\mu\text{l}$ , max  $<6/\mu\text{l}$ ), deren normale Verteilung wie folgt aussieht:

- 70–90% Lymphozyten
- 10–30% Monozyten
- (fast) keine neutrophilen Granulozyten
- keine eosinophilen Granulozyten

Höhere Werte als  $6/\mu\text{l}$  bezeichnet man als **Pleozytose**. Die Pleozytose kann je nach Zellfraktion unterschiedlich

beschrieben werden. Man unterscheidet die neutrophile Pleozytose (wie bei bakterieller oder mykotischer Meningitis), die lymphozytäre Pleozytose (diagnostisch unspezifisch, z. B. bei Infektionen viraler Genese, immunvermittelte oder neoplastische Ätiologien), die eosinophile Pleozytose (in der Regel parasitäre Infektionen oder seltene, immunvermittelte Neuropathien).

Die Untersuchung der Zellarten und deren Verteilung sollte von einem erfahrenen Pathologen durchgeführt werden, die Zellzahl (TNCC) kann von praxisüblichen Hämatologie-Geräten erfasst werden. Von diesen werden die Zellzahlen allerdings anders als in der gängigen Literatur nicht in RBC/ $\mu\text{l}$  oder TNCC/ $\mu\text{l}$  angegeben, sondern in  $\text{RBC} \times 10^{12}/\text{l}$  oder  $\text{TNCC} \times 10^9/\text{l}$ . Um die Befunde in Hinblick auf Referenzbereiche aus der Literatur interpretieren zu können, muss die Einheit deshalb umgerechnet werden:

$$\text{RBC: } 0,0005 \times 10^{12}/\text{l} = 500 \text{ RBC}/\mu\text{l}, \text{ TNCC: } 300 \times 10^9/\text{l} = 3/\mu\text{l}$$

### Proteingehalt

Die **Proteinkonzentration** von Liquor ist **extrem viel niedriger** als in anderen Körperflüssigkeiten. Beim adulten Pferd liegt sie im Liquor durchschnittlich bei nicht mehr als 100 mg/dl. Aber Vorsicht! Die Refraktometrie arbeitet mit der Maßeinheit g/dl und ist daher für die Diagnostik nicht gut geeignet – bei ablesbaren Werten

auf der Refraktometerskala ist der Gesamtproteingehalt unter aller Voraussicht nach immer erhöht! Erhöhte Werte im Liquor sind allerdings nicht sehr spezifisch und treten bei allen ZNS-Erkrankungen auf, die die Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke steigern (Infektionen, Vaskulitis, degenerative Prozesse etc.).

#### PROTEINGEHALT IM LIQUOR – NORMALWERTE BEIM PFERD

- adulte Pferde: 80–100 (– 170) mg/dl
- Fohlen: 100–120 (– 200) mg/dl.

Beim messbaren Protein handelt es sich zum größten Teil um Albumin. Der IgG-Gehalt steigt im Liquor ebenfalls bei zunehmend durchgängiger Blut-Hirn-Schranke. Besser ist es deshalb, die Proteinbestimmung einem externen Labor zu überlassen. Lässt man gleichzeitig Serum-Albumin bestimmen, ist die Berechnung des Albuminquotienten (AQ) möglich, was eine Beurteilung der Integrität bzw. Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke erlaubt. Die entsprechende Formel hierfür lautet:

$AQ = \text{Albumin Liquor (mg/dl)} / \text{Albumin Serum (mg/dl)} \times 100$ , normal:  $1,5 \pm 0,4$

Häufig, insbesondere bei Infektionskrankheiten des ZNS, treten Pleozytose und Hyperproteinämie im Liquor gleichzeitig auf. Die alleinige Hyperalbuminämie mit normaler Zellzahl nennt man „**zytoalbuminäre Dissoziation**“. Diese kann bei jeglichen, auch aseptischen, pathologischen Prozessen wie Kompression, Trauma etc. vorkommen.

#### Weitere biochemische Parameter

**Glukose** ist ein wichtiger Energielieferant für das ZNS und stammt per Diffusion aus dem Plasma. Normal im Liquor sind 40–80% der Blutglukose (die Proben müssen etwa zeitgleich gemessen werden). Bei bakterieller Meningitis ist die Liquor-Glukose-Konzentration oft stark erniedrigt und bemisst weniger als 50%, meist sogar weniger als 25% der Blutglukosekonzentration.

**Laktat** wird unter anaeroben Bedingungen z. B. bei Ischämien produziert. Im Liquor sollte der Wert, wie auch im Blut oder in Bauchhöhlenflüssigkeit, bei unter 2 mmol/l liegen. Erhöht findet man ihn z. B. bei Kopftrauma oder Hirnabszess.

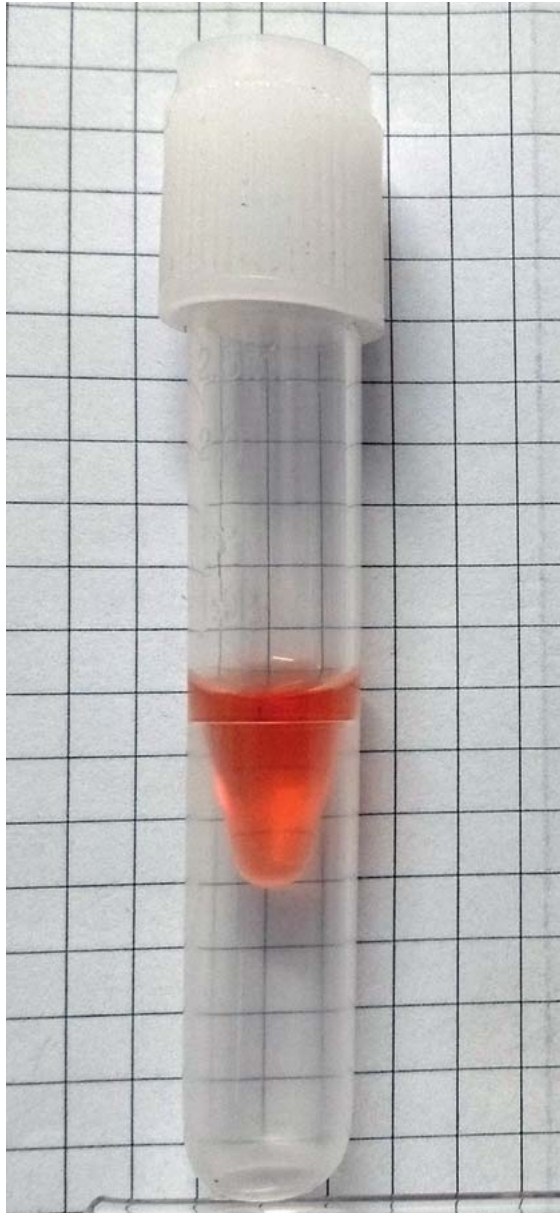
**Creatin-Kinase (CK)** und **Aspartat-Aminotransferase (AST)** sind im Liquor bei degenerativen ZNS-Erkrankungen wie Equine Degenerative Myelopathy, Equine Motor Neuron Disease und Polyneuritis Equi erhöht (Referenz: < 8 bzw. < 50 IU/l).

#### Bakteriologische Untersuchung

Bei einer Meningitis erfolgt das Anlegen einer bakteriologischen Kultur routinemäßig. Studien zufolge werden jedoch nur in 65% der Fälle ein oder mehrere Keime in einer Kultur aus Liquor oder Hirngewebe nachgewiesen. Post mortem gelingt der Nachweis in 57% der Fälle, ante mortem nur in 17%. Alternativ gibt es für einige Bakterien die Möglichkeit des DNA-Nachweises mittels PCR. Über eine statistisch gesicherte Nachweisrate liegen keine Studien vor. Prinzipiell ist eine PCR aber bei folgenden, Meningitis-verursachenden Keimen möglich:

- *Strep equi equi/zooequidemicus*
- *Rhodococcus equi*
- *Borrelia burgdorferi*
- *Listeria monocytogenes*





► **Abb. 7** Rotfärbung des Liquors. © B. Barsnick. Pferdeklinik Burg Müggenhausen

### Virologische Untersuchungen

Viren verursachen beim Pferd **Enzephalopathien** (Borna, West Nil Fieber, Tollwut) oder **Enzephalomyelitis** (Equines Herpes Virus [EHV 1 und 4]). Der Nachweis von Antikörpern gegen Borna und West Nil Virus im Liquor gelingt ante mortem deutlich sicherer als der DNA-Nachweis. PCR-Untersuchungen sind dagegen viel erfolgversprechender bei der post mortalen Untersuchung von ZNS-Gewebe. Auch das EHV lässt sich in der Regel nicht im Liquor nachweisen, weil die Veränderungen im Liquor bei einer Equinen Herpes Myeloenzephalopathie mit Xanthochromie, aufgrund der durch den Erreger verursachten Vaskulitis bedingt sind. Der Erreger verbleibt dabei im Nervengewebe und tritt nicht in den Liquorraum über.

### Fazit

In der Praxis stellt die Liquoruntersuchung wie auch die diagnostische Differenzierung von neurologischen Erkrankungen selbst eine Herausforderung für den Pferdepraktiker dar. Dennoch ist es wichtig, die Möglichkeiten der Liquordiagnostik zu kennen, um verdächtige Patienten rechtzeitig zu Spezialisten zu überweisen. Auch das Aneignen entsprechender Techniken für die Liquorgewinnung, um selbst einen diagnostischen Plan parat zu haben, kann für den Fall, dass ein neurologischer Patient vorstellig wird, nur von Vorteil sein, um wertvolle Zeit einzusparen und den Behandlungserfolg zu optimieren.

#### VIDEO

Video einer lumbo-sakralen Punktion am stehenden Pferd von Dr. Kelsey Hart, DACVIM, University of Georgia:  
[www.youtube.com/hjR19b9kYKI](http://www.youtube.com/hjR19b9kYKI)

#### Korrespondenzadresse

**Dr. med. vet. Rosa Barsnick, MS**  
 Dipl. ACVIM, Dipl. ECEIM  
 Fachtierärztin für Pferde  
 Fachtierärztin für Innere Medizin der Pferde  
 Pferdeklinik Burg Müggenhausen  
 Heimerzheimer Str. 18  
 53919 Weilerswist

#### Literatur

- [1] Pusterla N, Higgins J. Interpretation of Equine Laboratory Diagnostics. Wiley Blackwell 2017
- [2] Depecker M, Bizon-Mercier C, Couroucé-Malblanc A. Ultrasound-guided atlanto-occipital puncture for cerebrospinal fluid on the standing horse. Vet Rec 2014; 174: 45
- [3] Pease A, Behan A, Bohart G. Ultrasound-guided cervical centesis to obtain cerebrospinal fluid in the standing horse. Vet Radiol Ultras 2012; 53: 92–95
- [4] Schwarz B, Piercy RJ. Cerebrospinal fluid collection and its analysis in equine neurological disease. Equine Vet Educ 2006; 18: 243–248

Weitere Literatur bei der Autorin.

#### Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0816-2017>  
 Pferdespiegel 2019; 22: 55–62  
 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
 ISSN 1860-3203