

ben dem Labornachweis der sich aufschaukelnden Entzündung kann man natürlich auch die stattgefunden bakterielle Infektion selbst über die Labordiagnostik bestätigen. Das erfolgt durch die Bestimmung der Antikörper (IgM, IgG im ELISA oder Immunoblot) oder von borrelienspezifischen, im Blut zirkulierenden T-Effektorzellen mit Hilfe des Lymphozytentransformationstestes (LTT). Im Unterschied zu den Antikörpern (die bei chronischen Infektionsverläufen nicht zwingend positiv sein müssen) widerspiegelt der LTT mehr die aktuelle Aktivität des Immunsystems gegen die Borrelien (siehe Abb. 3 und 4). Mit den Ergebnissen dieser erregerspezifischen Werte kann man in Kombination mit den o.g. Entzündungsparametern der silent inflammation sehr genau den Zustand eines Patienten abschätzen, der „on fire“ ist. Auch die klinischen Symptome der Erkrankungen aus dieser gesamten Gruppe (wie z. B. CFS, MCS, Fibromyalgie oder auch der posttraumatischen Belastungsstörung (PTSD)) sind sich im Wesentlichen sehr ähnlich, denn Erschöpfung sowie Muskel- und Gelenkschmerzen als unspezifische Symptome einer systemischen Entzündung zeigen folgerichtig alle Betroffenen.

**Symptome einer chronisch-systemischen Entzündung**

Bei der Beschreibung der Symptome einer Borreliose werden von den Patienten immer wieder die gleichen Beschwerden aufgezählt wie schnelle Erschöpfbarkeit und ständige Ermüdung (sog. Fatigue), diffuse Muskel- und Gelenkschmerzen sowie ernsthafte und lang anhaltende Schlafarchitekturstörungen. Daneben zeigt sich auch häufig ein sogenannte *brain fog* mit kognitiven Beeinträchtigungen wie einer Störung des Kurzzeitgedächtnisses, der Konzentration und der Auffassungsgabe sowie auch Wortfindungsstörungen, Verlust der Sprechflüssigkeit und Buchstabenverwechslungen, v. a. beim Schreiben am PC. Eine weitere wichtige Veränderung der biochemischen Homöostase sei hier nur kurz erwähnt und zwar die Hochregulierung derIDO (Indolamin-2-3-Dioxygenase) durch proentzündliche Zytokine wie IFN- $\gamma$  und TNF- $\alpha$  bei chronisch-entzündlicher Immunaktivierung. Dadurch kommt es zu einem vermehrten Verbrauch von Tryptophan und zur Verminderung der Synthese von Serotonin, dessen Mangel dann auch zu einer depressiven Symptomatik führt bzw. diese fördert. Außerdem verstärkt sich durch die erhöhte Aktivität der IDO die Bildung von Kynurenin, welches für sich allein auch schon depressiogen wirkt. Somit verstärkt sich die Depressions-Fatigue-Symptomatik eines Borreliosepatienten durch die anhaltende Entzündungsreaktion immer weiter, die auch noch direkt auf den Hypothalamus des Gehirnes einwirkt und dort ebenfalls Depressions-auslösend wirkt.

Der therapeutische Weg „zurück“ zu einem ausgeglichenen Gleichgewicht zwischen aktivierenden und entzündungsdämpfenden Zytokinen führt bei Vorliegen einer Chronischen Borreliose an erster Stelle über eine Erregeranzahlreduzierung durch eine gezielte Antibiose. Vor allem für die kognitiven Ausfälle ist das intrazerebral wirkende Antibiotikum Minocyclin am besten geeignet sowie für alle weiteren Symptome die auch intrazellulär wirkenden Makrolide Azithromycin oder Clarithromycin. Weiterhin sollten auch pflanzliche antientzündliche Substanzen wie *Boswellia africana*, Omega-3-Säuren oder Curcumin eingesetzt werden, deren individuelle Wirksamkeit man bei jedem Patienten vor Therapiebeginn mit dem sog. TNF- $\alpha$ -Hemmtest untersuchen lassen kann (siehe Artikel von Andrea Thiem, S. 16–18). Daneben sollten alle weiteren erkennbaren Defizite an Vitaminen (v. a. Vit. B<sub>6</sub>, Vit. B<sub>12</sub> sowie Vit. D) und Mineralien entsprechend den

Ergebnissen einer vorherigen Mineralien-Vollblutanalyse ausgeglichen werden. Zur Verbesserung der Mitochondrienfunktion kann man Coenzym Q 10 oder Glutathion und auch seine Vorstufe NAC (N-Acetyl-L-Cystein) einsetzen. Die Effektivität dieser Maßnahmen lässt sich kontrollieren durch die wiederholte Bestimmung der o.g. silent-inflammation-Biomarker und bei Borreliose v.a. auch durch den LTT auf Borrelienantigene.

Ärztlicher Befundbericht

**Lymphozytentransformationstest LTT-Borrelien**

Testansätze - Borrelienantigene	SI
Borr. sensu stricto	2,8
Borr. afzelii	11,4
Borr. garinii	8,5
Borr. OspC	7,2
Positivkontrolle (Antigen)	27,8
Mitogenkontrolle (PWM)	60,3

Hinweis zur Untersuchungsmethode:  
 Die Zahlen rechts neben der Balkengrafik sind die Stimulationsindizes (SI) für das jeweilige Borrelienantigen, dass den Patientenzellen zugesetzt wird (Mittelwert von 3-fach Ansätzen).  
 Der Stimulationsindex ist der Quotient aus der Antigen-induzierten- und der unstimulierten Thymidineinzunrate (Leerstwert in cpm, angegeben ist der Mittelwert von 3 Paralleluntersuchungen). Ein SI > 3 bedeutet eine mehr als dreifache zelluläre Aktivierung durch das Antigen im Vergleich zum Leerwert und beweist die Existenz von zirkulierenden Borrelien-spezifischen T-Zellen im Patientenblut (positives Ergebnis). Ein SI < 2 gilt als sicher negativ. Ergebnisse zwischen 2 und 3 sind als grenzwertig anzusehen (schwache bzw. fragliche Sensibilisierung), die ggf. kontrolliert werden sollten.  
 Die Positivkontrolle dient ausschließlich dem Nachweis der Reaktionsfähigkeit der Lymphozyten. Hier wird eine Tetanus/Infuzenza/Gandica-Mischantigenprobe als Recall-Antigen verwendet, bei dem eine T-zelluläre Sensibilisierung immer vorhanden ist.  
 PWM ist als Mitogen Indikator für die Vitalität der Immunzellen bei Probeneingang im Labor.

(Stimulationsindex von < 2 bei der Mitogenkontrolle = PWM und > 3 bei der Antigenkontrolle (Tetanus/Infuzenza/Gandica) ist normal, in einem die Auswertbarkeit der Untersuchung)

**Befund:** Es zeigen sich positive LTT-Reaktionen auf Borrelienantigene. Dieser Befund spricht für eine aktive Auseinandersetzung des zellulären Immunsystems mit Borrelien und deutet somit auf eine derzeit aktive Borrelieninfektion hin. Die Reaktivität auf die Lysatantigene mehrerer Borreliengenospezies ist durch den Gehalt an spezieis-übergreifenden Antigenen im Lysatantigen zu begründen.

Leerwert (Negativkontrolle): 1212 (Normalwert < 4000 cpm)

Abb. 3: Befundbeispiel eines positiven Lymphozytentransformationstest (LTT) auf Borrelienantigene

Ärztlicher Befundbericht

**Lymphozytentransformationstest LTT-Borrelien**

Testansätze - Borrelienantigene	SI
Borr. sensu stricto	1,5
Borr. afzelii	1,7
Borr. garinii	1,3
Borr. OspC	1,8
Positivkontrolle (Antigen)	31,2
Mitogenkontrolle (PWM)	32,9

Hinweis zur Untersuchungsmethode:  
 Die Zahlen rechts neben der Balkengrafik sind die Stimulationsindizes (SI) für das jeweilige Borrelienantigen, dass den Patientenzellen zugesetzt wird (Mittelwert von 3-fach Ansätzen).  
 Der Stimulationsindex ist der Quotient aus der Antigen-induzierten- und der unstimulierten Thymidineinzunrate (Leerstwert in cpm, angegeben ist der Mittelwert von 3 Paralleluntersuchungen). Ein SI > 3 bedeutet eine mehr als dreifache zelluläre Aktivierung durch das Antigen im Vergleich zum Leerwert und beweist die Existenz von zirkulierenden Borrelien-spezifischen T-Zellen im Patientenblut (positives Ergebnis). Ein SI < 2 gilt als sicher negativ. Ergebnisse zwischen 2 und 3 sind als grenzwertig anzusehen (schwache bzw. fragliche Sensibilisierung), die ggf. kontrolliert werden sollten.  
 Die Positivkontrolle dient ausschließlich dem Nachweis der Reaktionsfähigkeit der Lymphozyten. Hier wird eine Tetanus/Infuzenza/Gandica-Mischantigenprobe als Recall-Antigen verwendet, bei dem eine T-zelluläre Sensibilisierung immer vorhanden ist.  
 PWM ist als Mitogen Indikator für die Vitalität der Immunzellen bei Probeneingang im Labor.

(Stimulationsindex von < 2 bei der Mitogenkontrolle = PWM und > 3 bei der Antigenkontrolle (Tetanus/Infuzenza/Gandica) ist normal, in einem die Auswertbarkeit der Untersuchung)

**Befund:** Im Gegensatz zum Vorbefund (11/2019) zeigen sich keine positiven Reaktionen auf Borrelienantigene. Dieser Befund spricht gegen eine derzeit aktive Borrelieninfektion. Für die Therapieindikation sind jedoch die Anamnese und besonders das aktuelle klinische Bild entscheidend.

Leerwert (Negativkontrolle): 1670

Abb. 4: Negativ gewordener LTT desselben Patienten nach erfolgreicher antibiotischer Therapie

Nicht zuletzt erkennt man eine erfolgreiche Therapie an den Verbesserungen der klinischen Symptome beim betroffenen Patienten. Eine auf den ersten Blick unverständliche und verwirrende Symptomvielfalt wie bei der (chronischen) Borreliose lässt sich so durch eine gründliche Laboranalyse ihrer verursachenden biochemischen Veränderungen diagnostizieren und deshalb kausal und effektiv behandeln.

**Autorin:**

Dr. Petra Hopf-Seidel  
 Fachärztin für Neurologie / Psychiatrie / Allgemeinmedizin  
 Heidingsfelderweg 32, 91522 Ansbach  
 E-Mail: R-I-S-P.HOPF@t-online.de