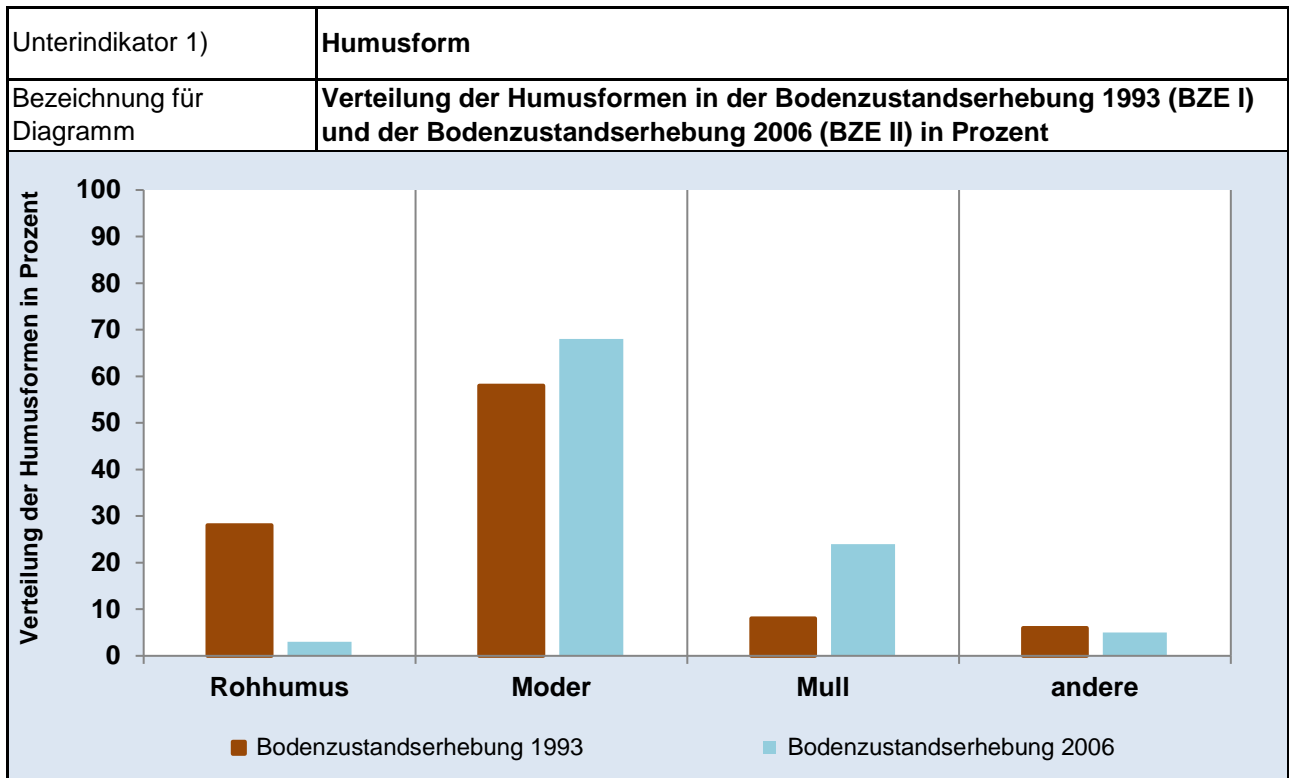


Nr. des Indikators	E6
Bezeichnung	Entwicklung des Humusvorrats in forstlichen Böden
Themenfeld	Forstwirtschaft
Unterindikator 1)	Humusform
Unterindikator 2)	Mittlere Kohlenstoffvorräte in der Humusauflage und im Mineralboden bis 30 cm Tiefe
Räumliche Gliederung	Sachsen-Anhalt
Bearbeitungsstand	02.02.2021

Definition und Berechnungsvorschrift (Teil 1)	<p>Unter Humus wird die Gesamtheit der von abgestorbenen Pflanzenteilen und Tiersubstanzen abstammenden organischen Stoffe auf und im Boden verstanden. Im Wald wird die Humusauflage überwiegend durch die Blattstreu gebildet und liegt dem Mineralboden auf.</p> <p>Die Humusformen kennzeichnen die Zersetztätigkeit und Mineralisationsraten. Die höchsten Umsetzungsraten werden beim Mull erreicht, mittlere Raten beim Moder und gehemmte Zersetztätigkeit zeigt sich beim Rohhumus. Die Humusformen werden morphologisch nach Vorhandensein, Beschaffenheit und Mächtigkeit der Humuslagen (L, F- und H-Lage) ausgewiesen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Litter-Lage (L) im Auflagehumus besteht aus noch unzersetzten Blättern und Nadeln. - Die Förna-Lage (F) zeigt bereits deutliche Zersetzungen durch Mikroorganismen. - In der Humus-Lage (H) sind kaum noch Blatt- und Nadelstrukturen erkennbar, da diese durch die Mikroorganismen komplett verarbeitet sind.
Definition und Berechnungsvorschrift (Teil 2)	<p>Beim Mull wird die Auflage schnell mineralisiert, sodass die Blätter innerhalb eines Jahres in den Mineralboden eingearbeitet sind. Im Mull sind sehr viele Regenwürmer aktiv, der obere Mineralboden hat krümeliges Gefüge. In ihm ist eine H-Lage nie, eine F-Lage möglicherweise vorhanden.</p> <p>Im Moder gibt es weniger Regenwürmer, die Streuzersetzung verläuft deutlich langsamer. Stets sind L- und F-Lagen, aber auch schon H-Lagen ausgebildet. Wanderungsfähige Huminstoffe, die mit dem Sickerwasser in den tieferen Mineralboden gelangen, treten auf.</p> <p>Im Rohhumus fehlen größere Bodenwühler, die Streuzersetzung findet ausschließlich in der organischen Auflage statt. Sie verläuft sehr langsam und unvollständig. Die H-Lage ist kompakt und brechbar. In ihr entstehen im Vergleich zum Moder in stärkerem Maß wanderungsfähige Huminstoffe.</p> <p>Die Kohlenstoffvorräte in der Humusauflage werden über das Trockengewicht und die gemessene Kohlenstoffkonzentration bestimmt und in Tonnen je Hektar angegeben. Im Mineralboden berechnen sich die Kohlenstoffvorräte aus dem Produkt der organischen Kohlenstoffkonzentration, der Trockenrohddichte des Feinbodens und der Schichtmächtigkeit, abzüglich des Steingehaltes. Die als Datenquellen genutzten Bodenzustandserhebungen (BZE) wurden im Wald an 76 Stichprobenpunkten in einem repräsentativen, systematischen Stichprobenraster von 8 km mal 8 km durchgeführt. Dabei sind Humusauflagen und Mineralböden bis 90 cm Bodentiefe beprobt, analysiert und ausgewertet worden.</p>

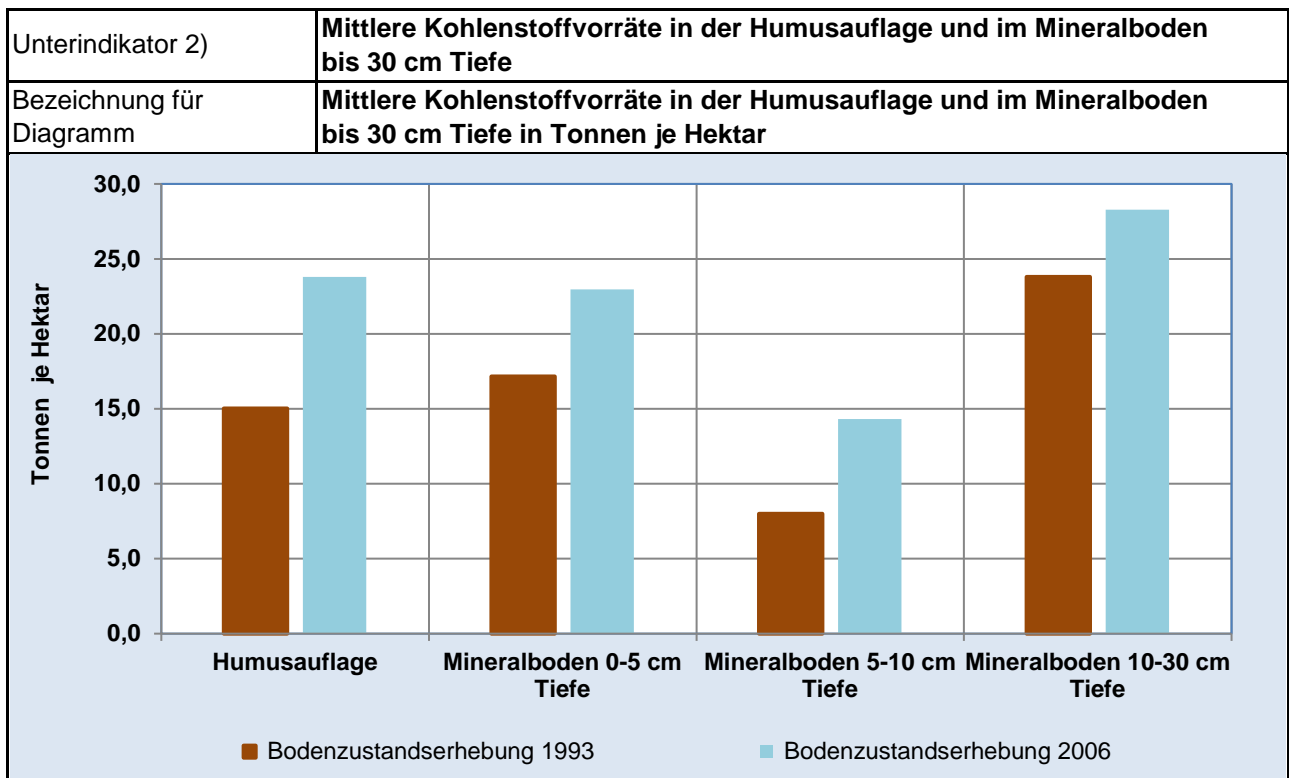
Datenquelle, Aufbereitung	NW-FVA Bodenzustandserhebungen 1993 (BZE I) und 2006 (BZE II)
Bedeutung	<p>Der Schutz von Kohlenstoff im Waldboden ist von großer Bedeutung für den Kohlenstoffkreislauf und für den Klimaschutz. Gleichzeitig ist der Schutz organischer Substanz für den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Waldböden ein zentrales Thema der nachhaltigen Forstwirtschaft. Der voranschreitende Klimawandel könnte durch höhere Temperaturen eine zügigere Mineralisierung und damit geringere Kohlenstoffspeicherung bewirken. Wenn aber durch Trockenheit die Mineralisierung zum Erliegen kommt, wären auch höhere Kohlenstoffspeicherraten im Wald möglich. Dies würde sich in mächtigeren Humusaufgaben widerspiegeln, die aber relativ schnell bei Wiederbefeuchtung veratmet werden könnten. Diese Speicher sind daher nicht als sehr stabil anzusehen.</p> <p>Wichtige Indikatoren für die Situation des Kohlenstoffs im Waldboden sind Mächtigkeit, Qualität und Verteilung der organischen Substanz, dem Humus. Dabei wird nach aufliegenden Humusformen und organischer Substanz im Mineralboden unterschieden.</p> <p>Aufbau, Mächtigkeit und Zusammensetzung von Humus kennzeichnen zudem wesentliche standörtliche Bedingungen für das Waldwachstum. Klimatische Faktoren wie Temperatur und Niederschlag steuern die Auf- und Abbaubedingungen von Humus.</p> <p>Der Verteilung der Humusformen Mull, Moder und Rohhumus in der Bodenzustandserhebung sowie der organischen Kohlenstoffvorräte in der Humusaufgabe und des Mineralbodens kommen insbesondere in ihrer Dynamik wichtige Bedeutung für Wirkungen des Klimas in Wäldern zu. Gleichzeitig beeinflusst auch die Zusammensetzung und die Struktur des Baumbestandes den Humuszustand.</p>
Intervall der Zeitreihe	1996 und 2006
Aktualisierung	voraussichtlich ca. alle 15 Jahre (Stichjahr 2023)
1) Kommentierung des Indikatorverlaufs Humusaufgabe	Die Umverteilungen der Humusformen vom Rohhumus zu Moder und vom Moder zu Mull deuten auf günstigere Zersetzungsbedingungen zum Zeitpunkt der BZE II im Vergleich zur BZE I hin, wie sie z. B. durch höhere Temperaturen im Zuge des Klimawandels bei gleichbleibender Feuchte möglich sind. Weiterhin könnten Stickstoffeinträge und auch Flugascheeinträge die Mineralisationsraten erhöht und damit die Umverteilung zu besseren Humusformen begünstigt haben.

2) Kommentierung des Indikatorverlaufs Mittlere Kohlenstoffvorräte im Mineralboden bis 30 cm Tiefe	<p>Die Ergebnisse der beiden Bodenzustandserhebungen im Wald Sachsen-Anhalts belegen eine deutliche und signifikante Zunahme der Kohlenstoffvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 30 cm Bodentiefe. Mit durchschnittlich 1,8 Tonnen je Hektar jährlicher Speicherrate liegt Sachsen-Anhalt deutlich über dem Mittelwert Deutschlands (0,75 Tonnen je Hektar). Damit kann der Waldboden für diesen Zeitraum als bedeutende Kohlenstoffsенке angesehen werden. Als Ursachen kommen mehrere Faktoren in Betracht. Zum einen weisen vor allem Sandböden bei relativ hohen Kohlenstoffkonzentrationen und Trockenrohdichten sowie geringen Steingehalten in der Regel schon höhere Kohlenstoffvorräte auf als z. B. stark steinhaltige Böden im Bergland. Zum anderen erhöhen Flugascheeinträge die Kohlenstoffvorräte. Auch konnten auf Waldstandorten mit Bodenbearbeitungen höhere Kohlenstoffvorräte festgestellt werden. Häufigere und hohe Trockenheiten können zudem Mineralisationsraten im Waldboden hemmen und damit zu höheren Kohlenstoffvorräten im Waldboden geführt haben.</p> <p>Die bislang vorliegenden Ergebnisse zur Höhe der Kohlenstoffvorräte müssen aufgrund erheblicher Variabilitäten in Waldböden und Unsicherheiten bei der Quantifizierung mit großer Vorsicht interpretiert werden. Die ermittelten Veränderungen seit der BZE I beruhen auf einer einheitlichen Berechnungsbasis und sind daher als Mittelwert – jedoch nur für das Land Sachsen-Anhalt – als gesichert anzunehmen.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Datentabelle der Humusauflage in Prozent

	Bodenzustandserhebung 1993	Bodenzustandserhebung 2006
Rohhumus	28	3
Moder	58	68
Mull	8	24
andere	6	5



Datentabelle der mittleren Kohlenstoffvorräte in der Humusauflage und im Mineralboden bis 30 cm Tiefe in Tonnen je Hektar

	Bodenzustandserhebung 1993	Bodenzustandserhebung 2006
Humusauflage	15,0	23,8
Mineralboden 0-5 cm Tiefe	17,1	23,0
Mineralboden 5-10 cm Tiefe	8,0	14,3
Mineralboden 10-30 cm Tiefe	23,8	28,3