

Klimawandel - Energiewende, Holz und Kaskadennutzung

19. Brandenburger Energieholztag

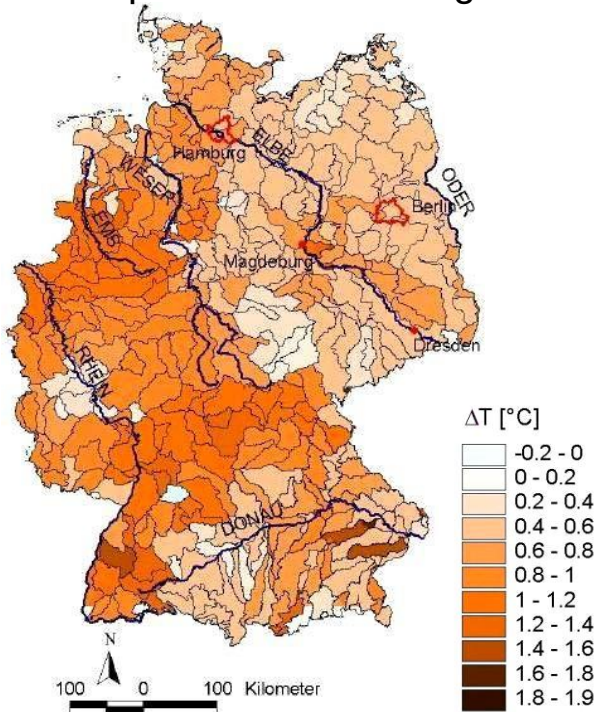
Reinhard F. Hüttl & Uwe Schneider

Bloisdorf 31.08.2023

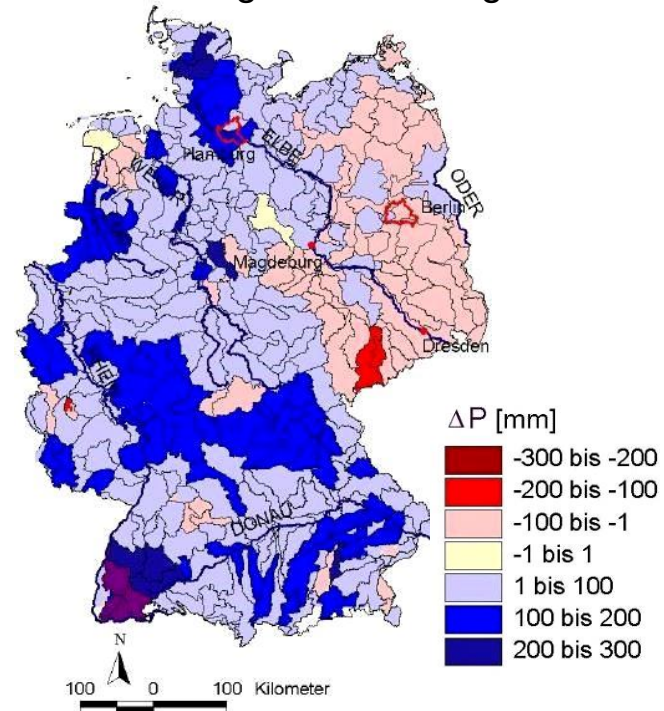
Klimawandel

Rahmenbedingungen

Temperaturveränderungen



Niederschlagsveränderungen



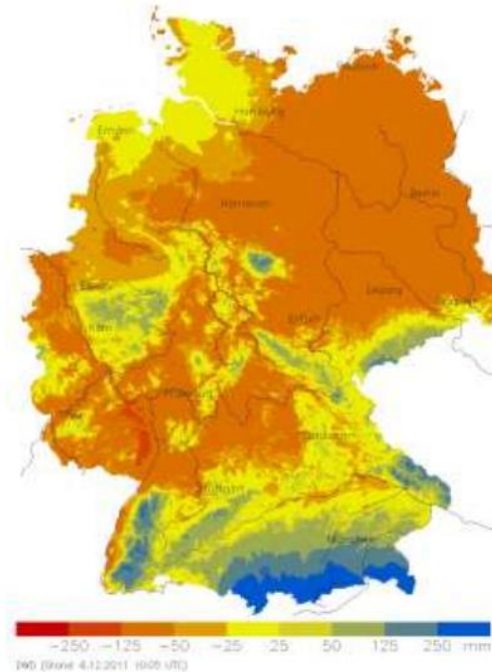
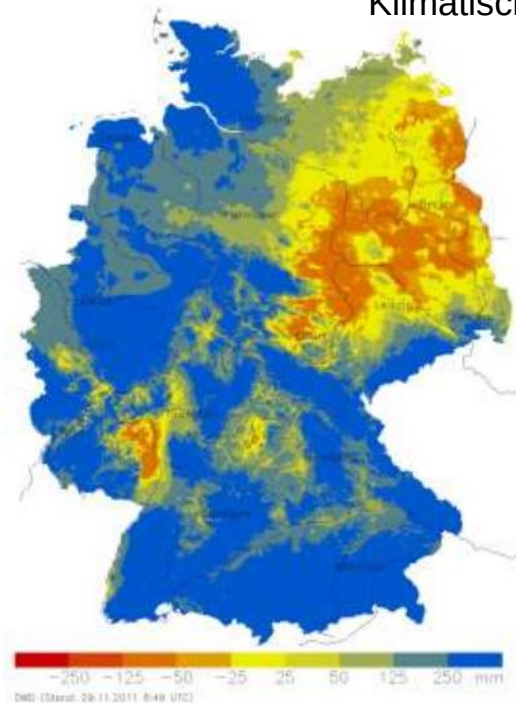
(Daten: DWD; Gerstengarbe et al. 2003)

Herausforderungen für den Wasserhaushalt und die Wasserverfügbarkeit

1981 - 2010

Sommer 2021

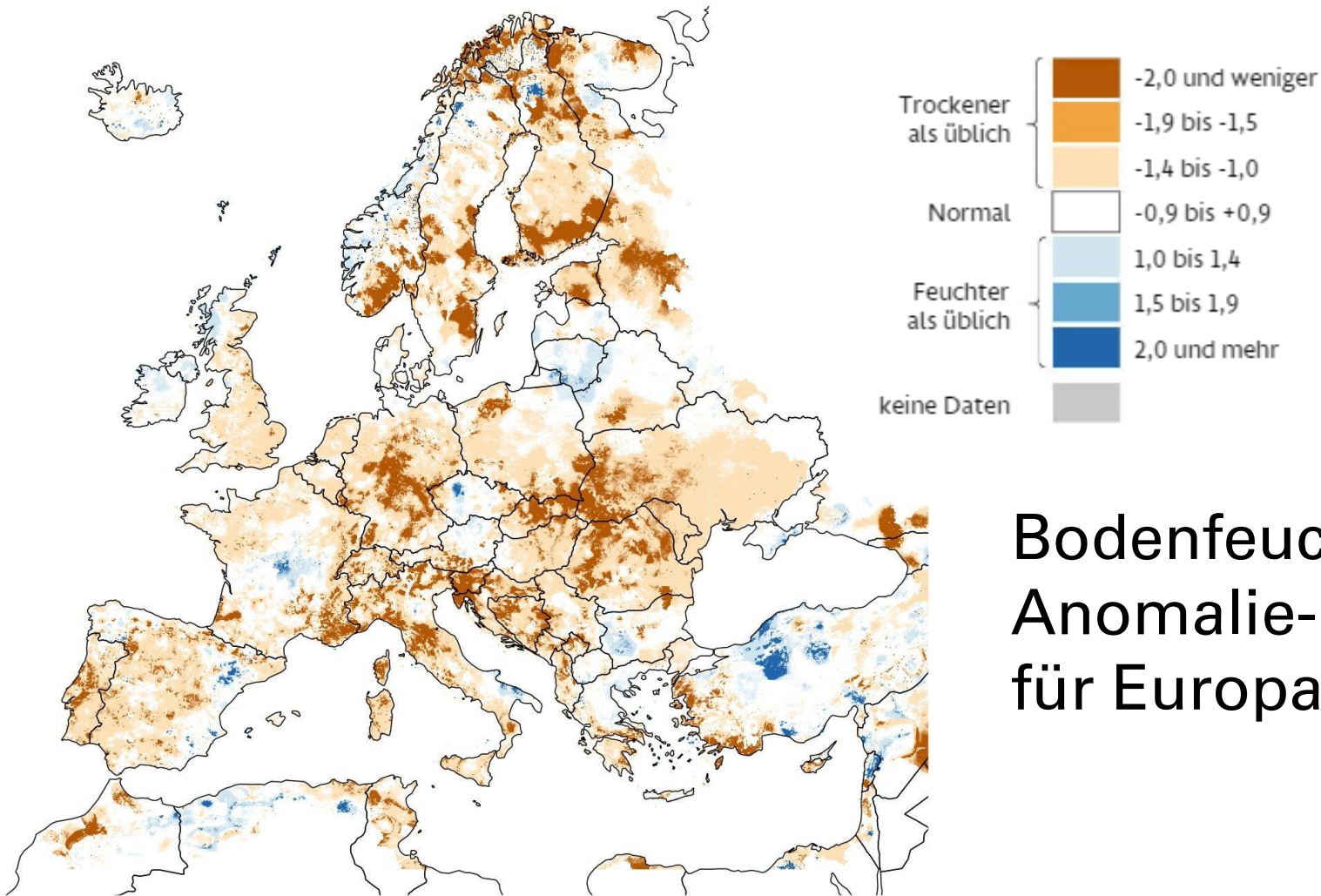
Klimatische Wasser-Bilanz



German weather service

Auswirkungen des Klimawandels

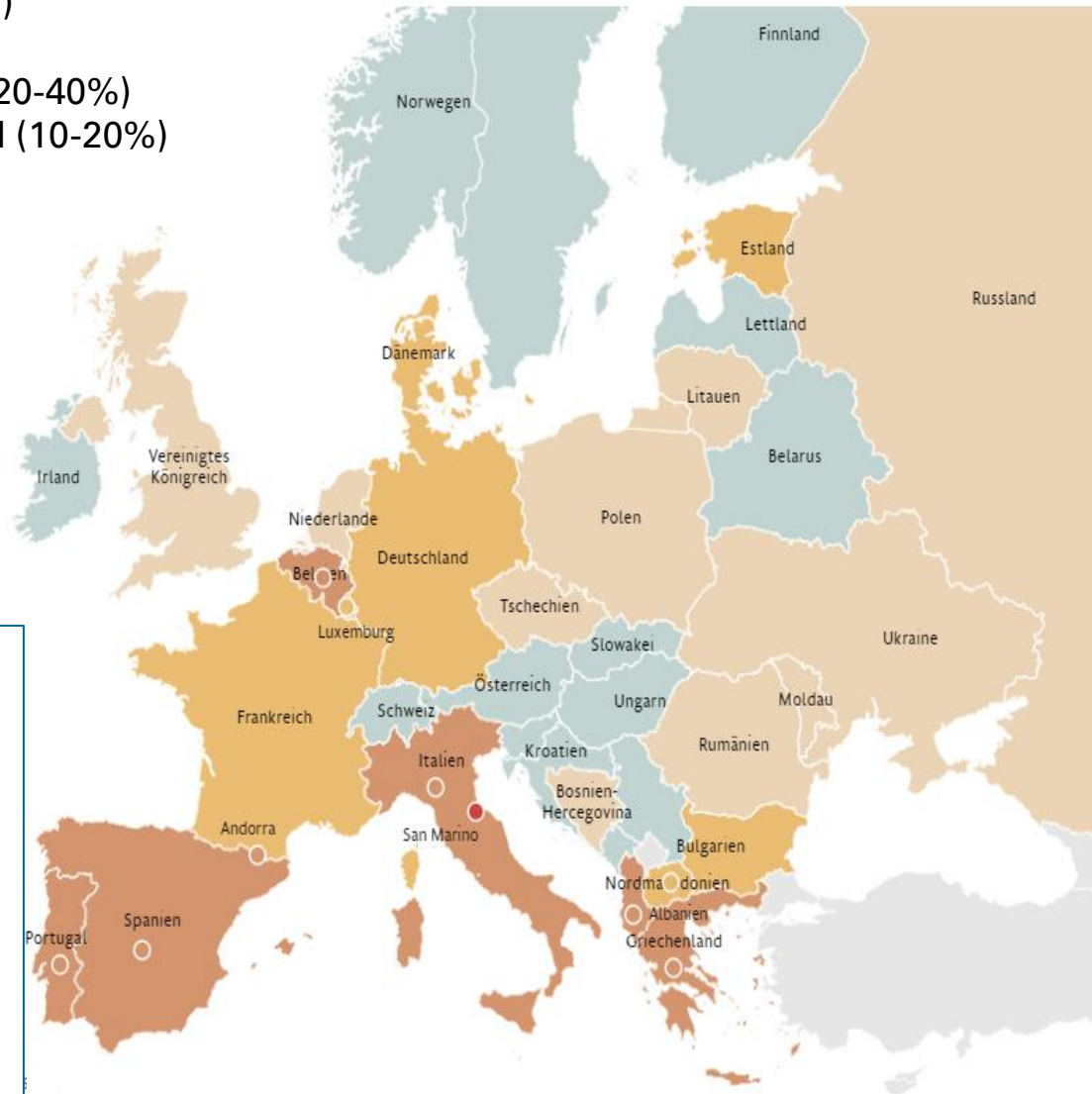
- Höhere Temperaturen
- Extreme Trockenheit (Boden, Pflanze)
- Höhere Wasserspeicherung in der Luft
- Starkregenereignisse
- Geringere Wasserinfiltrationskapazität von Böden



Bodenfeuchte- Anomalie-Index für Europa

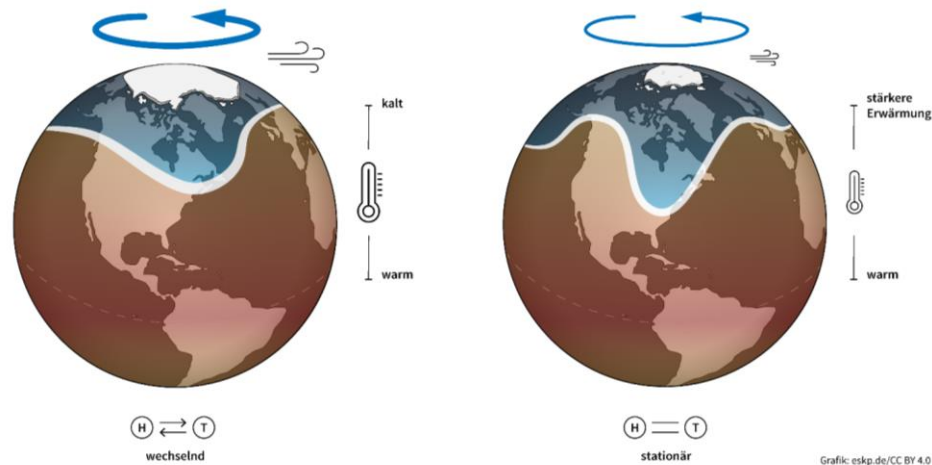
Index zur Ermittlung des Risikos für Grundwassermangel

- sehr hoch (>80%)
- Hoch (40-80%)
- mittel bis hoch (20-40%)
- niedrig bis mittel (10-20%)
- niedrig (<10%)



Index misst das Verhältnis der Gesamt-Wasserentnahmen zu verfügbaren erneuerbaren Oberflächen- und Grundwasservorräten; Entnahmen umfassen häusliche Anwendung sowie Industrie, Bewässerung und Viehzucht u.a.

Rahmenbedingungen



- Infolge des Klimawandels hat sich die Arktis schneller erwärmt als andere Regionen.
- Im Ergebnis sinken die Temperaturgradienten in der Atmosphäre.
- Folge: Der Jetstream wird schwächer und fängt an stärker zu mäandrieren.

Der neue Bericht des IPCC

Fehlstelle in der IPCC-Klimabilanz: Rückgang des Schatteneffekts

- Partikel, die mit den Abgasen bei der Verbrennung v.a. von Kohle, Öl und aus Industrieprozessen in die Luft gelangen, wirken wie ein Schatten über der Erde (Schatteneffekt).
- Ursache des Schatteneffekts: Rückgang der Luftverschmutzung vor allem über der industriestarken Nord-Hemisphäre
- **Fazit:** Aerosol-Partikel kühlen die Luft ab.

Beispiel: Schiffsdiesel → **Anfang 2020 Reduktion des Schwefel-Gehalts von 3,5 % auf 0,5 %**
→ **Ende 2022 messbare Erwärmung über den Transportrouten**

Quelle: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 67, 20.03.2023

**Forschung:
Klima im
System Erde**

Mitigation



Adaptation

Klimaschutzziele der Bundesregierung

Klimaziele der Bundesregierung setzen die im Pariser Abkommen geforderte und im *Green Deal* der EU verankerte Klimaschutz-Langfriststrategie um und geben für Deutschland eine klare Roadmap in Bezug auf CO₂-Reduktionsziele vor: Verringerung der Treibhausgasemissionen um 55 % bis 2030 und nach zunächst 80 bis 95 % bis 2050 gegenüber dem Niveau von 1990 inzwischen die komplette Klimaneutralität (Treibhausgasneutralität?) bis 2045

Neue politische Zielsetzung (1)

Klimaneutralität bis 2045 (Pariser Klimaschutzabkommen, EU Green Deal):
Klimaneutralität in seiner umfassendsten Form bedeutet:

Klimaneutralität: *Sämtliche menschengemachten (anthropogenen) und natürlichen Faktoren, die den globalen Temperaturanstieg beeinflussen, müssen ausgeglichen werden. So kann die globale Durchschnittstemperatur unverändert bleiben. Zu den relevanten Faktoren gehören beispielsweise Luftverschmutzung – durch Ruß oder Feinstaub, Wolkenbedeckung sowie das Rückstrahlvermögen der Erdoberfläche.*

Neue politische Zielsetzung (2)

Treibhausgasneutralität beschreibt einen Zustand, in dem eine Balance zwischen anthropogenen Treibhausgasemissionen und Senken herrscht. Das Pariser Klimaabkommen definiert Treibhausgasneutralität als generelles Ziel: „(...) in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken (...) herzustellen (...)“. Zu den Treibhausgasen zählen neben Kohlendioxid (CO₂) auch Methan, Lachgas, verschiedene Fluoride und Fluorkohlenwasserstoffe.

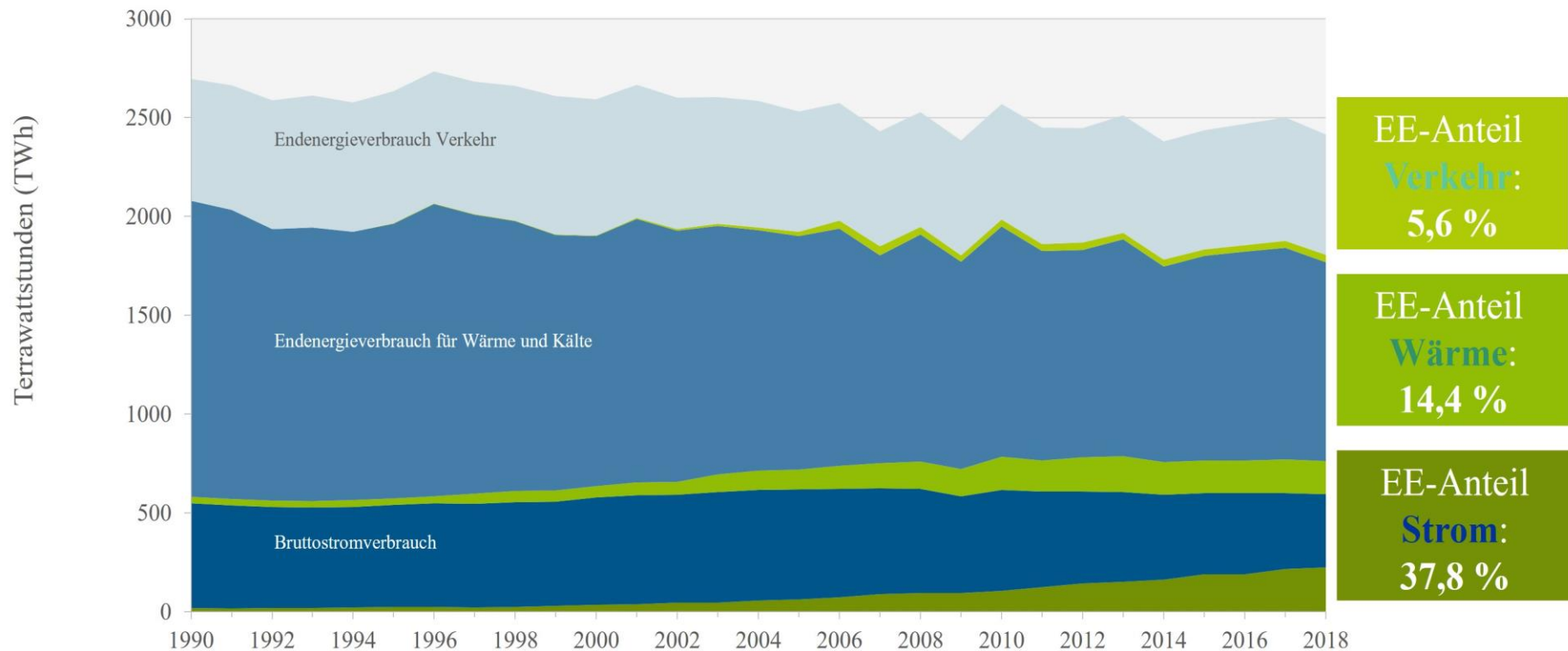
Neue politische Zielsetzung (2)

CO₂-Neutralität ist am wenigsten ambitioniert, denn sie bezieht sich nur auf den Ausgleich von Kohlendioxidemissionen, nicht auf die übrigen Treibhausgase. Unterschiedliche Ansätze gibt es auch dazu, wie sich ein Zustand der Neutralität herstellen lässt. Als eher schwache Variante gilt die Kompensation durch den Ankauf von Emissionsrechten. Mit den Erlösen werden emissionsreduzierende Aktivitäten in anderen Bereichen finanziert, etwa die Wiederaufforstung von Wäldern. Die einheitliche Bilanzierung dieser Mechanismen ist jedoch schwierig. Als effektiv gilt eher der direkte Ausgleich durch negative Emissionen: entweder durch natürliche CO₂-Senken wie Meere und Wälder oder durch Technologien, die der Atmosphäre Treibhausgase entziehen.

(Quelle: Deutsche Energie-Agentur (dena, 2020): „dena-Analyse: Klimaneutralität – ein Konzept mit weitreichenden Implikationen.“
 Honegger, M.; Schäfer, S.; Poralla, P.; Michaelowa, A.; Perspectives Climate Research gGmbH, Freiburg i. B., Stand 10/20)

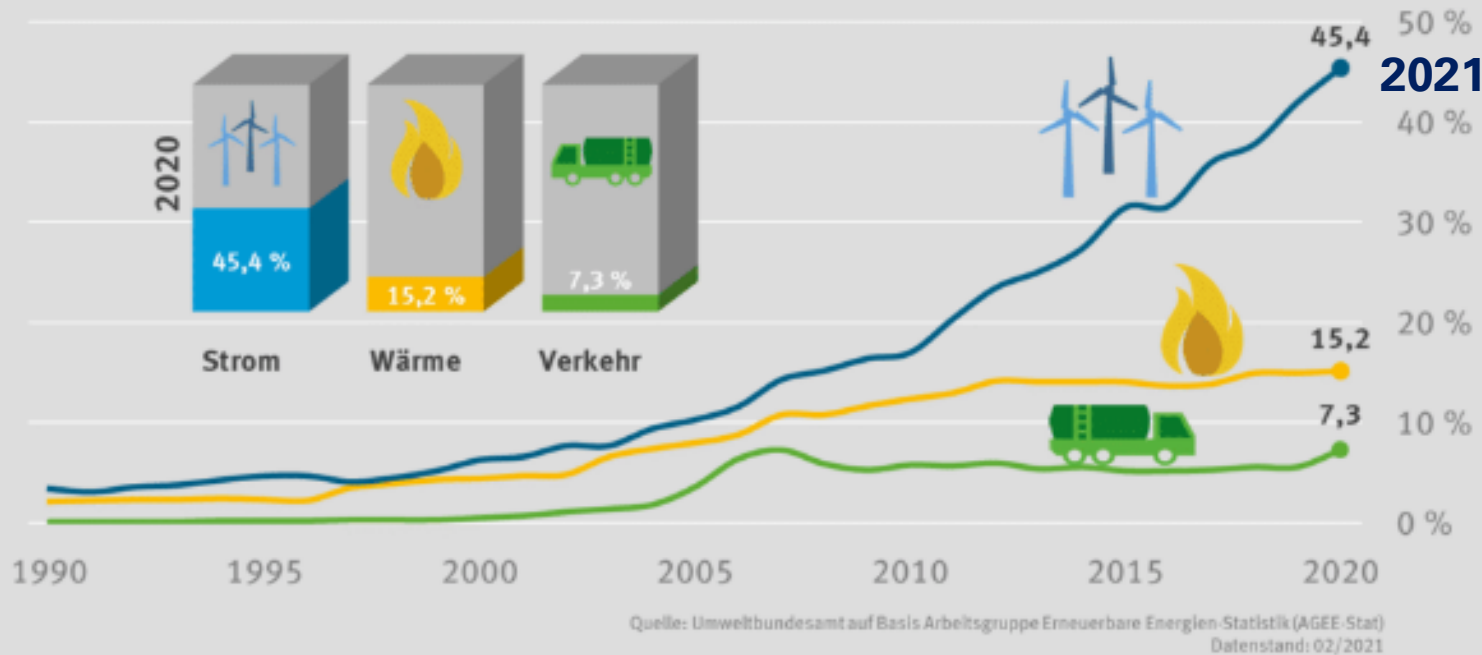
Energiewende

Anteile erneuerbarer Energien (EE) am Endenergieverbrauch in Deutschland (1990-2018)



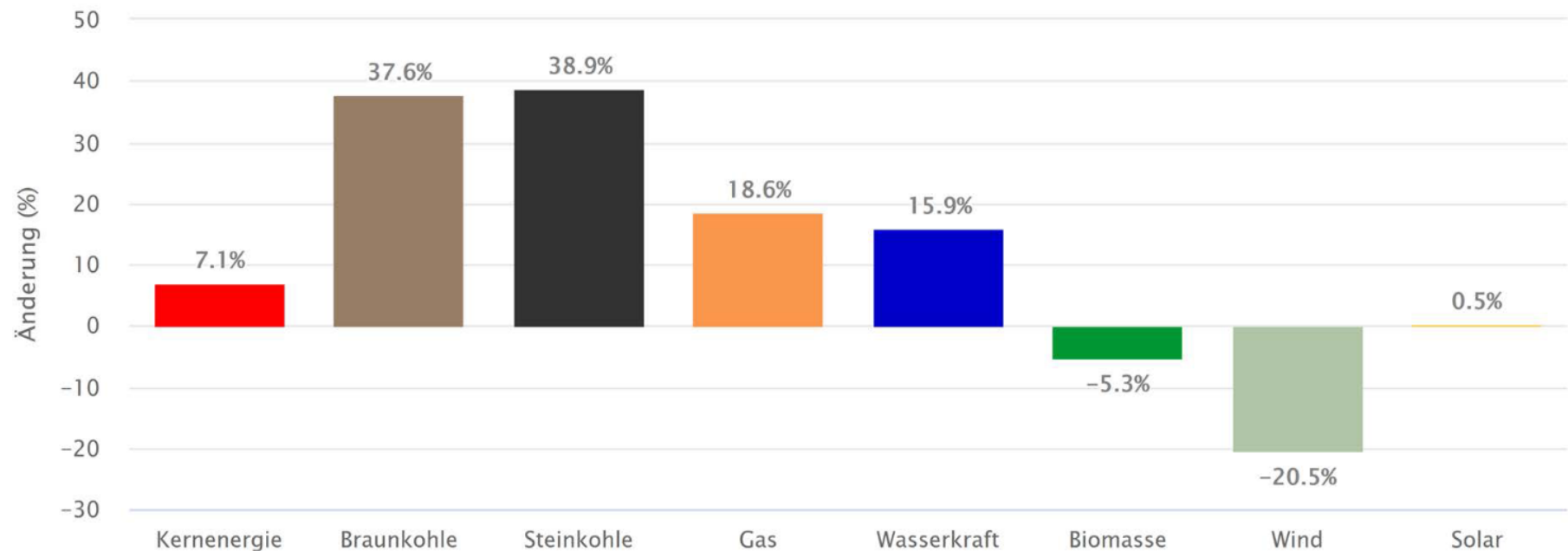
Daten: AGEE-Stat, Dezember 2019

Erneuerbare Energien: Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr



Grafik: AGEE-Stat/UBA

Relative Änderung der Nettostromerzeugung Erstes Halbjahr 2021 gegenüber erstes Halbjahr 2020



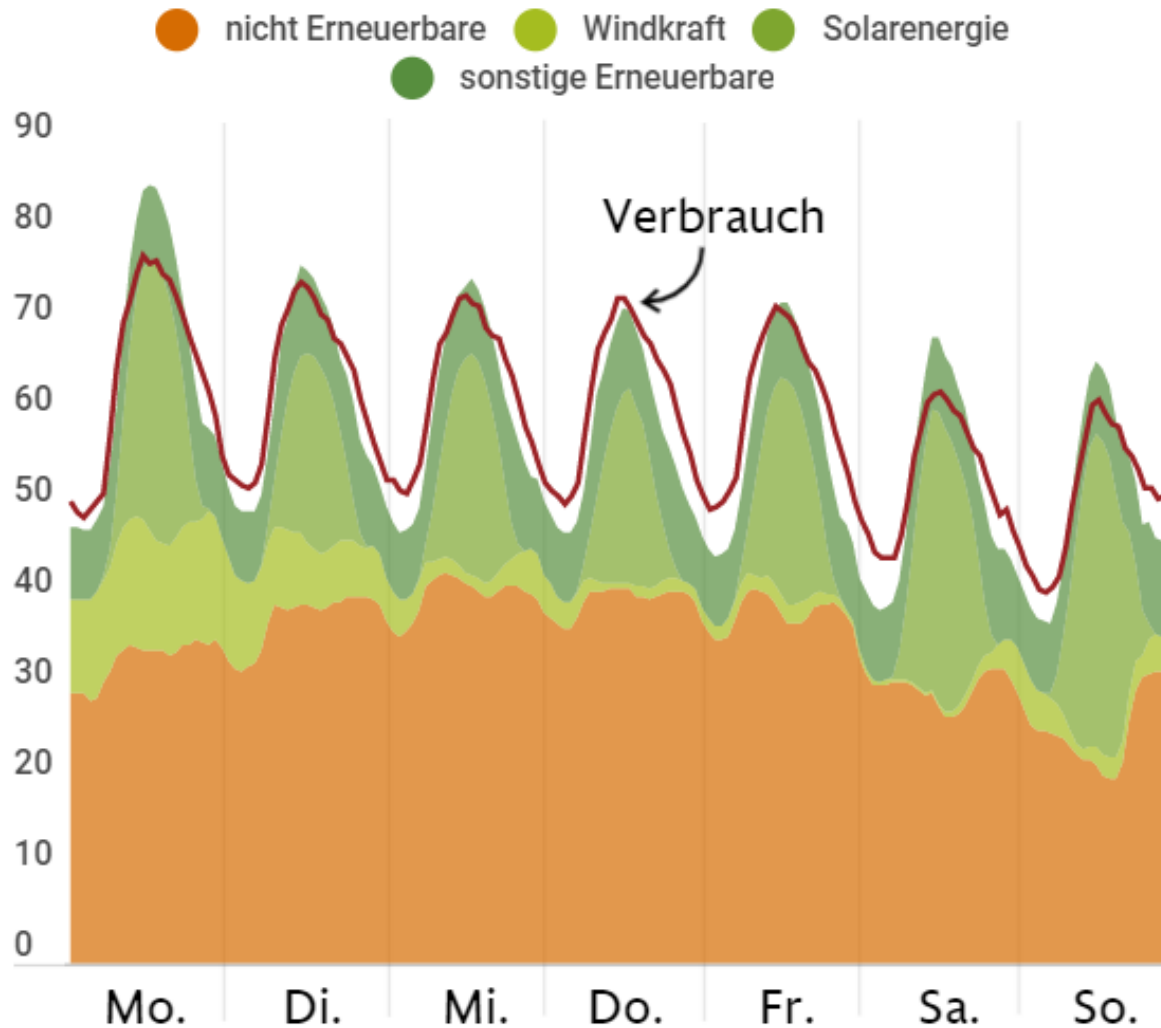
Grafik: B. Burger, Fraunhofer ISE; Daten: DESTATIS und Leipziger Strombörse EEX, energetisch korrigierte Werte

4

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Strommix in Deutschland

Stromerzeugung nach Energieträgern in der Woche vom 21.06.21–27.06.21, in Gigawattstunden



vorläufige Daten für 2021 / Grafik: kaho. / Quelle: Agora Energiewende

www.eei-berlin.de

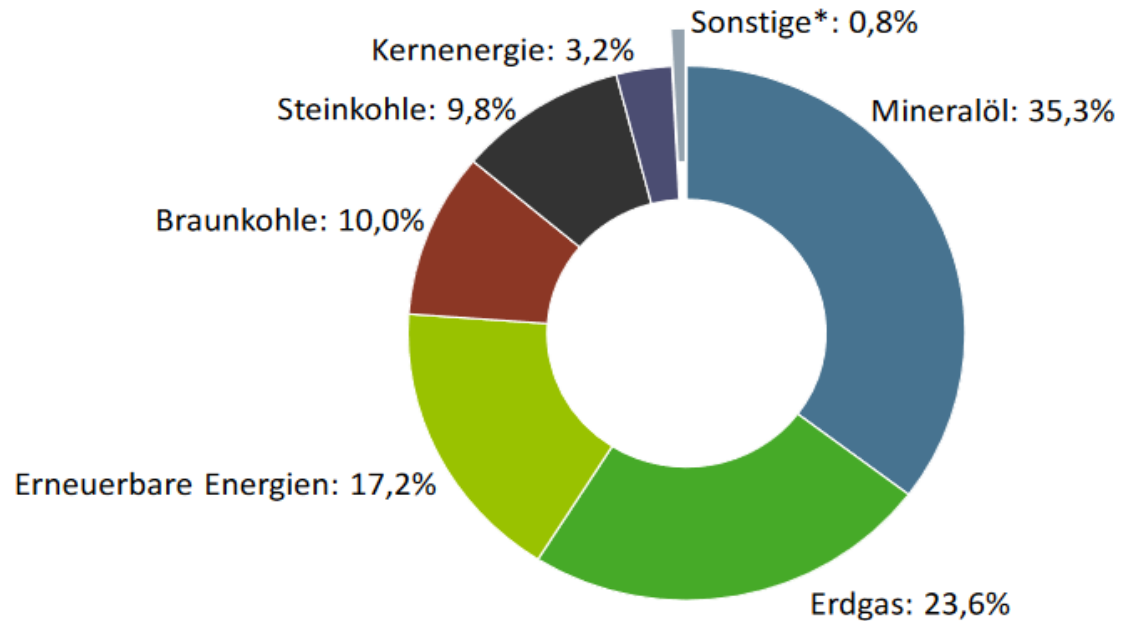
Jährliche Energieversorgung in Deutschland (ca. 2550 TWh)

	Strom	Energieträger für Wärme/Kälte und Mobilität (fossil: Kohle, Öl, Gas; kleiner Anteil Holz / Biomasse)
aktuell	ca. 20 % (ca. 550 TWh)	ca. 80 % (ca. 2.000 TWh)
davon	ca. 45 % EE (ca. 250 TWh)	ca. 25 % Inland (Braunkohle, Biomasse, Gas, Öl)
	ca. 45-50 % fossil	ca. 75 % Import (Steinkohle, Öl, Gas) (Importkosten ca. 70 Mrd. Euro)
	ca. 5-10 % nuklear	
	Im- / Export nach Bedarf / Angebot	ca. 40 % Import aus Russland (wichtigster Energielieferant)
zukünftig (2045?)	100 % EE	100 % klimaneutraler Wasserstoff (grün, blau, türkis, rot) Zielstellung: grün

Ohne klimaneutralen Wasserstoff keine Klimaneutralität !

Primärenergieverbrauch 2022

2022 insgesamt:
11.769 PJ (vorläufig)



* einschließlich Stromaustauschsaldo

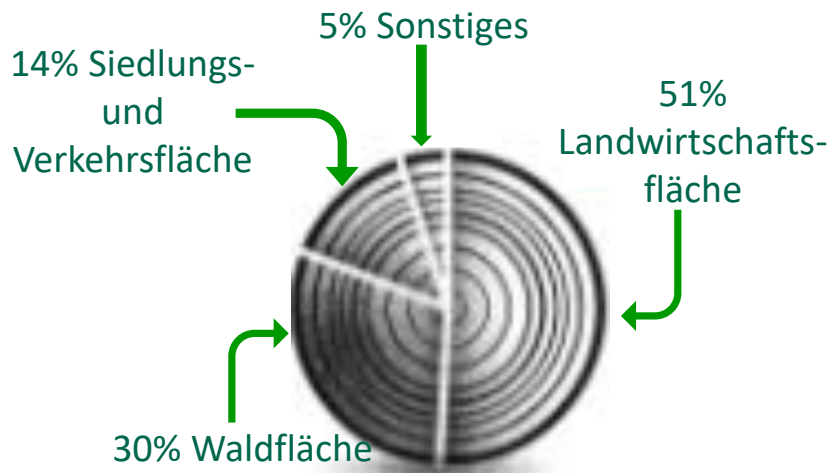
Quelle: AG Energiebilanzen; Stand 04/2023

Stand Energiewende in Deutschland, August 2023:

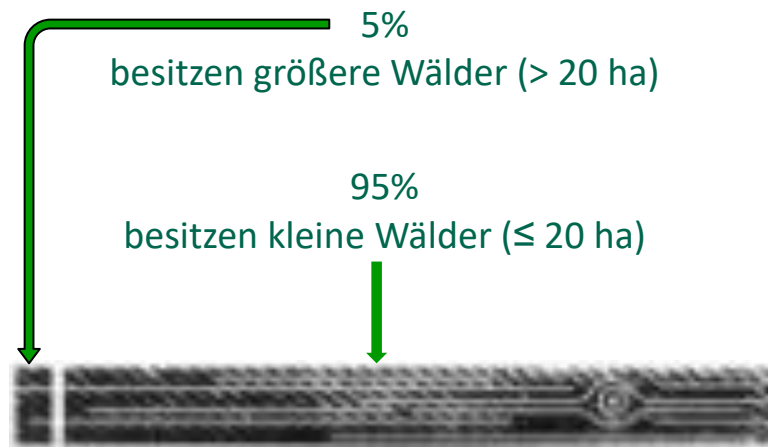
- ➡ ca. 80 % fossile Rohstoffe
- ➡ ca. 20 % alle Erneuerbaren Energien (EE)
 - 12-13 % alte EE (vor allem Holz)
 - 7-8 % neue EE (Windkraft, Photovoltaik)

Beiträge Holz (Biomasse) zum Klimaschutz

Flächennutzung in Deutschland



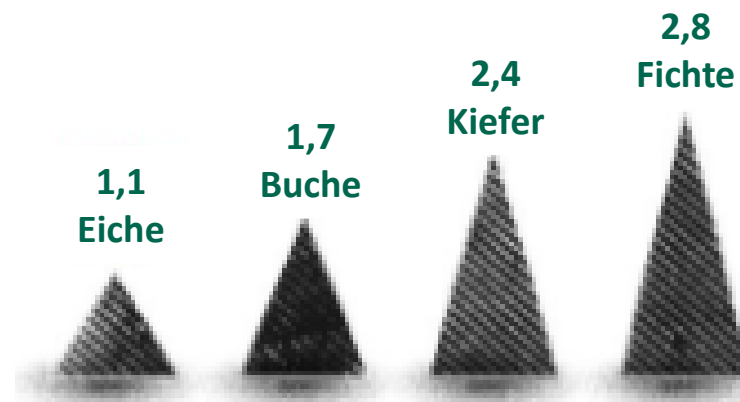
Die privaten Waldbesitzer



Wem gehört der Wald?

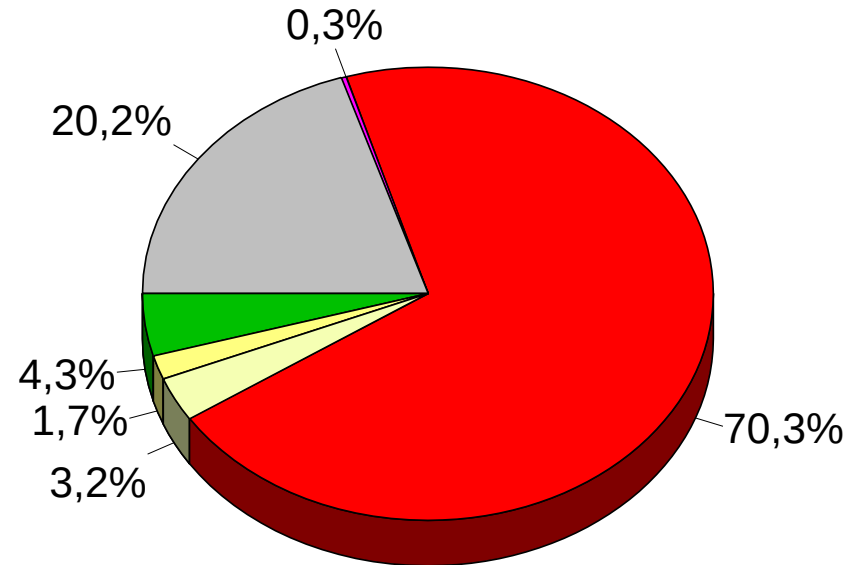


Die wichtigsten Baumarten (Mio. Hektar)

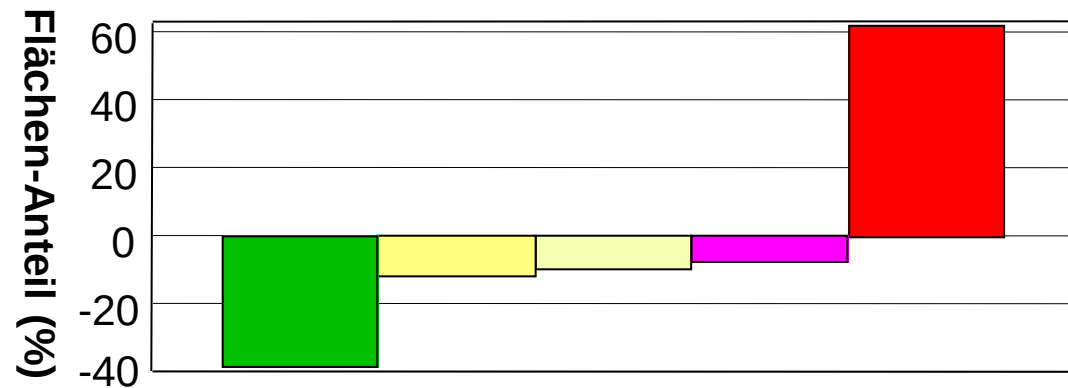


Baumartenverteilung in Waldökosystemen Nordostdeutschlands

Waldfläche: 1,9 Mio. ha



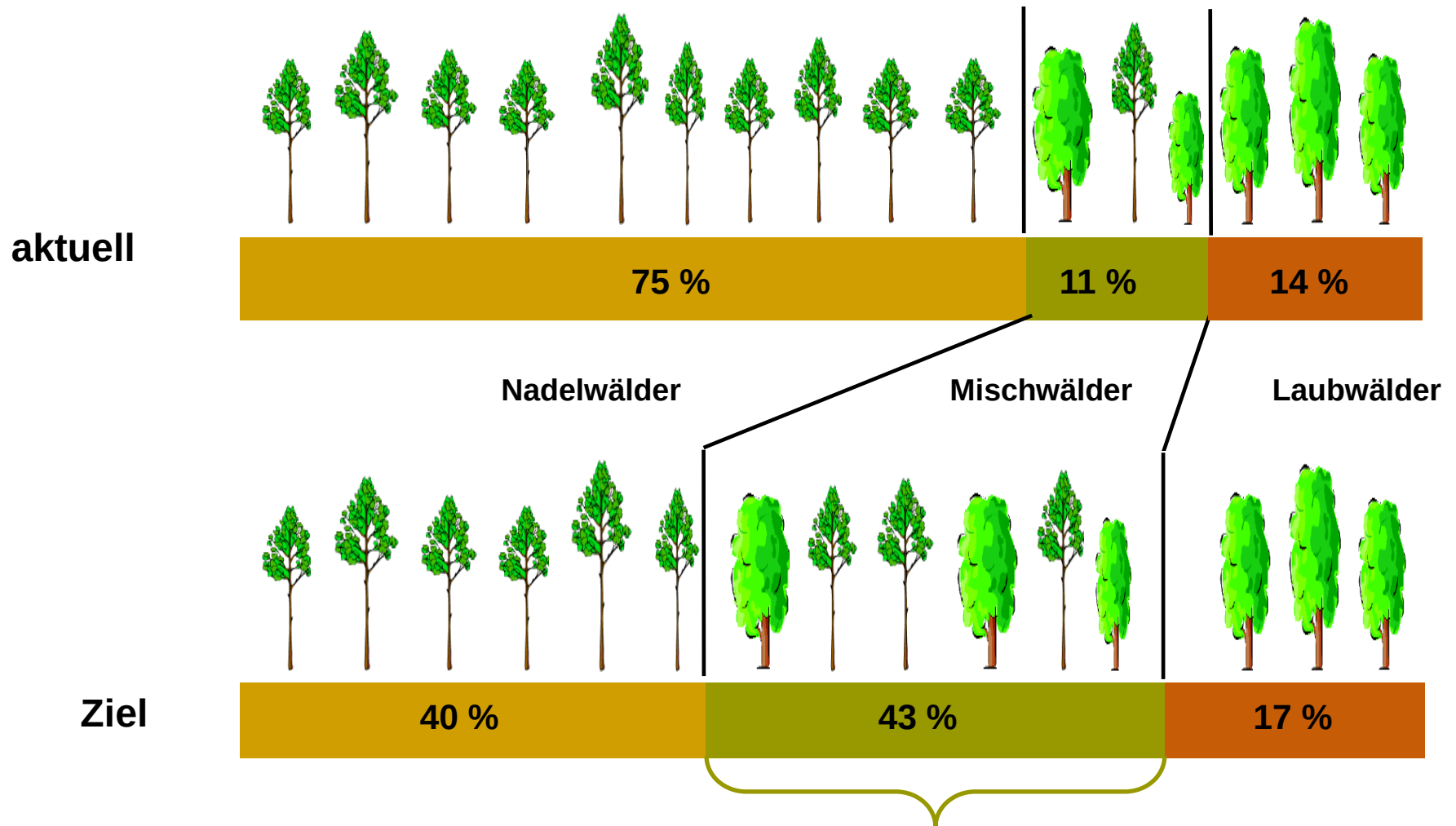
Abweichung vom Grad der potentiell natürlichen Vegetation



Baumarten

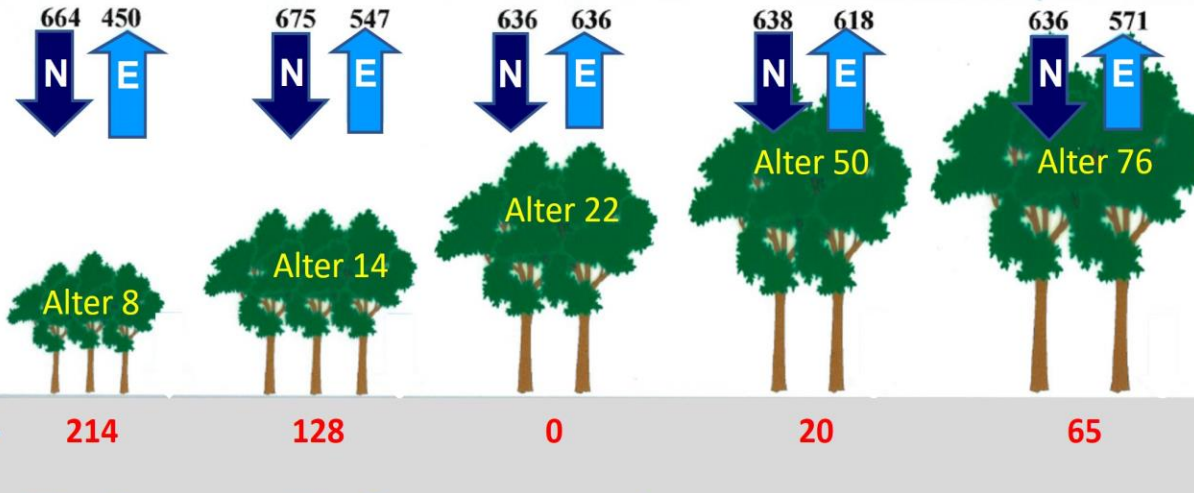
- | | | |
|-----------|--------------|------------|
| Roteiche | Traubeneiche | Stieleiche |
| Hainbuche | Kiefer | andere |

Zielsetzung des Waldumbaus in Brandenburg: Steigerung des Anteils naturnaher Laub-Mischwälder

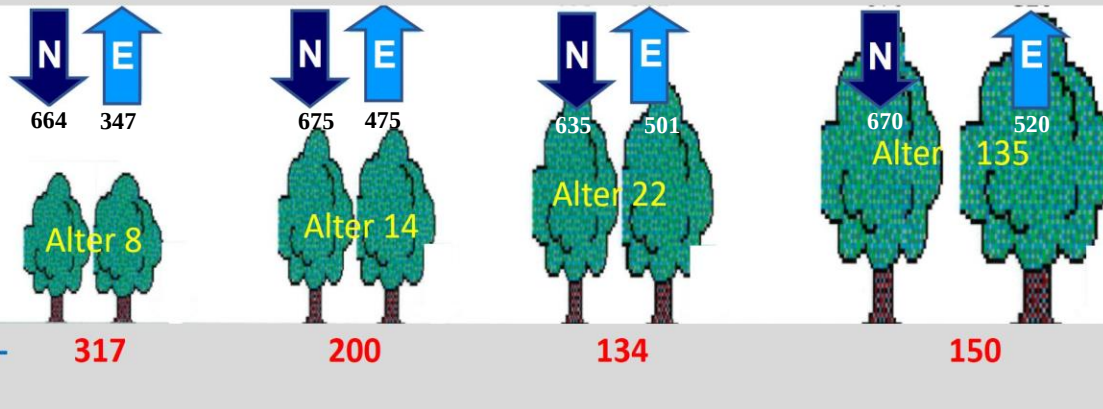


Wasserbilanz forstlicher Ökosysteme (Beispiel Brandenburg) in Abhängigkeit von Baumart, Alter, Und Bestandsstruktur (Angaben in mm pro Jahr)

Kiefer

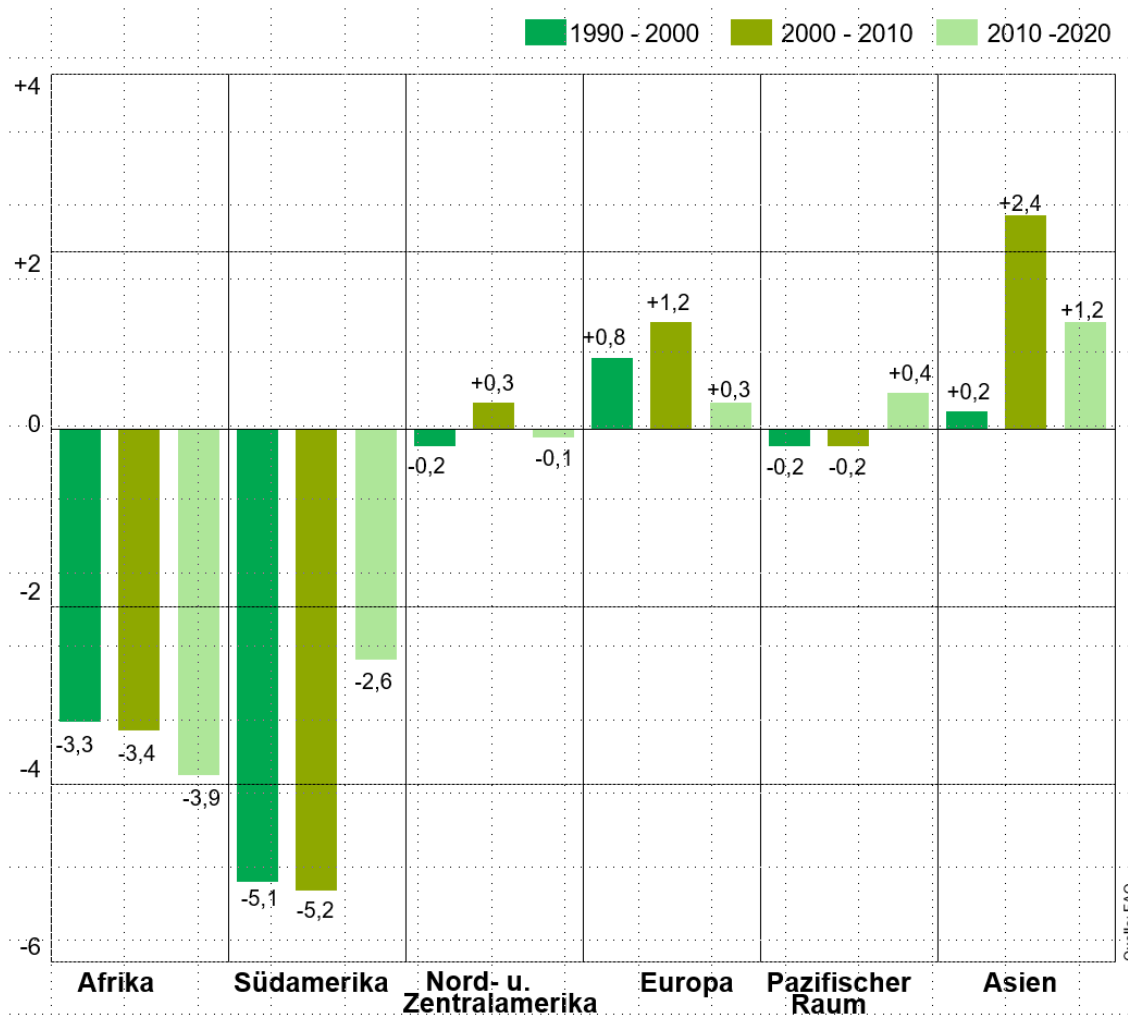


Buche



Veränderung der Waldgebiete der Welt

(in Millionen Hektar pro Jahr)



Allein in Deutschlands Wäldern waren im Jahr 2017 nach den Ergebnissen der Kohlenstoffinventur des Thünen-Instituts 1,2 Milliarden t Kohlenstoff gebunden.

Der deutsche Wald entlastete die Atmosphäre jährlich um rund 62 Millionen Tonnen Kohlendioxid und kompensierte so etwa 7 % der deutschen Treibhausgasemissionen.

Durch Stürme, Hitzesommer und Borkenkäferbefall wurden ca. 285.000 ha Wald (eine Fläche so groß wie das Saarland) zerstört und müssen aufgeforstet werden.

Andres Bolte, Leiter Thünen-Institut für Waldökologie: „Der gebundene Kohlenstoffvorrat ist zwar noch immer sehr hoch. Doch in den letzten Jahren dürfte der Deutsche Wald eher Kohlenstoffquelle statt Kohlenstoffsenke gewesen sein“.

Feuchtgebiete als Kohlenstoffsinken

- Feuchtgebiete gibt es in 175 Ländern
- bedecken nur 3 % der Landoberfläche, speichern aber >500 Gt C in Torf
- doppelt so viel C wie in der gesamten Waldbiomasse



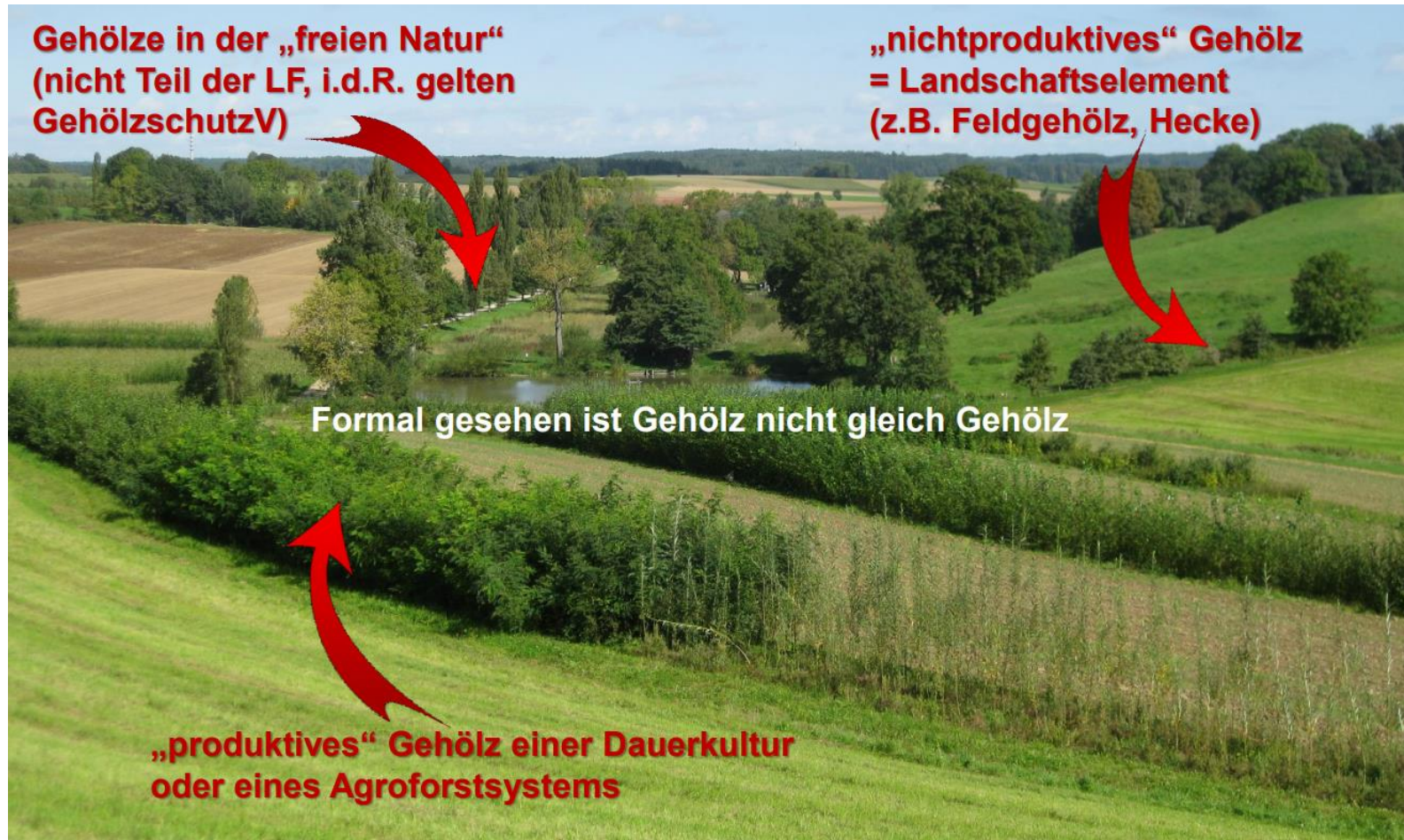
Slide: Modified from Joosten

Feuchtgebiete als Kohlenstoffsinken

- entwässerte Moore auf 0,4 % der Landoberfläche emittieren weltweit 5 % des anthropogenen CO₂:
 - Nr. 1. Indonesien
 - Nr. 2. EU, ...
- in Deutschland: ~ 5-6 % der nationalen Emissionen
- Ansatz: Renaturierung durch Wiedervernässung und durch Paludi-Kultur (Biomasse)



Agroforstsysteme im Landschafts-Kontext



Agroforstliche Umweltwirkungen

Einfluss auf ...		Wirkung
Klimaschutz:	CO ₂ -Bindung / Reduktion von THG-Emissionen	+ / +
Klimaanpassung:	geringere potentielle Verdunstung / Schutz vor Extremwetterereignisse	+ / +
Bodenschutz:	Vermeidung Bodenerosion / Nährstoffkreislauf u. Humusaufbau / Bodenleben	+ / + / +
Grundwasser-schutz:	weniger Stoffeintrag / weniger PSM-Einsatz / Grundwasserneubildung	+ / + / +/-
Gewässerschutz:	weniger Stoff- u. Sedimenteintrag / weniger PSM-Eintrag / Gewässerökologie	+ / + / +
Biologische Vielfalt:	Lebensraumvielfalt / Ruhezonen u. Blühaspekte / Biotopverbund / Grenzliniendichte / natürliche Schädlingsbekämpfung	+/- / + / + / + / (+)
Landschaftsbild:	Abwechslungsreichtum / Sichtschutz / Förderung Kulturlandschaft	+/- / + / +

Neu!

BMEL: „Die Ökoregelung (Förderung) Agroforst wird von 60 € auf 200 € pro Hektar Gehölzfläche angehoben“

Wirtschaftliche Eckdaten zur EU-Holzindustrie (2021)

- 3,1 Mio. Beschäftigte in der EU; das sind 10,5 % des gesamten verarbeitenden Gewerbes in der EU.
- Die Wertschöpfungskette Forst- und Holzindustrie ist weitgehend unabhängig von Drittländern und krisenfest.
- Europäische Wälder verfügen derzeit über enorme nachwachsende Reserven.
- Die bewaldete Fläche in Europa hat seit 1990 um 14 Mio. Hektar zugenommen.
- Die Holzvorräte sind im selben Zeitraum um 8,3 Milliarden Kubikmeter gestiegen.
- In 2020 wurden schätzungsweise 65% des jährlichen Zuwachses an Holz aus den Wäldern entnommen.

Bedeutung der Logistik in der Wertschöpfungskette

- Kosten der Beschaffung (Industrie- und Schwachholz):
nahezu 40 %
- Kosten der Beschaffung (Energieholz):
über 50 %
- Vergleich Rohstoffbeschaffung im Fahrzeugsektor:
ca. 7 %
- Einzugsgebiete der Werke mit Rundholz oft deutlich
> 150 km Radius
- Kostenanstieg für Ernte, Bereitstellung und Rohstoffpreise (wg. gesetzl. Rahmenbedingungen, Maut, Ölpreise etc.)

cf. Lange und Sonntag, 2009

Treibhausgas(THG)-Bilanz

Land- und Forstwirtschaft Deutschland

- Emissionen aus Acker- und Grünlandwirtschaft:
104 Mio. t CO₂-Äq.; rd. 11 % der gesamten THG-Emissionen
- Der jährliche Beitrag zur THG-Minderung durch
Speicherungs- und Substitutionseffekte der Forstwirtschaft
und Holzverwendung:
127 Mio. t CO₂-Äq.

Holz, Kaskadennutzung

Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats Waldpolitik

Ohne die Speicherung von Kohlenstoff in Wäldern und Holzprodukten und deren Substitutionsleistung wären die THG-Emissionen in Deutschland um mehr als 14 % höher.

Empfehlungen:

- Anbau von angepassten und produktiven Baumarten, insb. trockenheitstoleranten Nadelholzarten in Mischung mit Laubholz
- Klimaschutzeffekte bei der Ausweisung von Waldschutzgebieten beachten
- Schutz von Waldböden gewährleisten
- Beratung und Betreuung kleiner und mittlerer Privat- und Kommunalwaldbetriebe zur Erreichung von Klimaschutzzielen
- Aufgabe der forstlichen Nutzung von Wäldern ist langfristig keine geeignete Maßnahme des Klimaschutzes.
- **„Langlebigkeit“ von Holzprodukten steigern: Kaskadennutzung fördern!**

Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats Waldpolitik

Empfohlene Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen in der Forst-/Waldbewirtschaftung nach Wirkung geordnet (einschl. Moore) :

- Veränderung der Baumartenzusammensetzung in der forstlichen Produktion (langfristig wirksam)
- Schutz von Mooren unter derzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung (langfristig umsetzbar/wirksam)
- Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen) (mittelfristig wirksam)
- Erhöhung der stofflichen Nutzung von Holz in langlebigen Holzprodukten (langfristig wirksam): **Kaskadennutzung**

Substitution von Rohstoffen durch Holz und Kaskadennutzung (I)

- Holzprodukte sind ein effizientes und quantitativ relevantes Element für den Aufbau einer Senke für biogenen Kohlenstoff in der Technosphäre
- Die Speicherung von Kohlenstoff in Holzprodukten ist prinzipiell zeitlich nicht begrenzt.
- Derzeit werden jährlich ca. 78 % des durch Altholzverwerter erfassten und aufbereiteten Altholzes (5,6 Mio. t/Jahr) energetisch und 20 % stofflich verwertet.
- Der höchste Klimaschutzeffekt wird durch eine kaskadierende Nutzung von Holz-Produkten erzielt.
- Eine **Kaskadennutzung** ist definiert als eine mindestens zweimalige stoffliche Nutzung des Holzes und mit einer abschließenden energetischen Verwertung!

Substitution von Rohstoffen durch Holz und Kaskadennutzung (II)

Die vermehrte Kaskadierung von gebrauchtem Holz kann kurzfristig gesteigert werden und führt zu einer Verlängerung der biogenen C-Speicherung in der Technosphäre.

Kaskadennutzung von Gebrauchtholz setzt voraus, dass auch die eingesparten Frischholzmengen stofflich – und nicht energetisch - eingesetzt werden.

Nutzung von Holz für energetische Zwecke (I)

- Ein Kubikmeter Holz- oder Baummasse speichert rund eine Tonne CO₂ (Kohlendioxid).
- Wenn ein Baum im Wald geerntet wird, wird das CO₂ im verarbeiteten Holz weiter gespeichert. (Produktspeicher als Möbel, Holzhaus o.ä.). Das sind ca. 6 Mio. Tonnen CO₂ jährlich.
- Brennholz fällt bei der Nutzung der Wälder anteilig an, da nicht alle Baumteile einer hochwertigen Nutzung zum Beispiel im Sägewerk zugeführt werden können.
- Wird ein Teil des Baumes verbrannt, wird der enthaltene Kohlenstoff wieder freigesetzt.

Nutzung von Holz für energetische Zwecke (II)

- Substitutionseffekt: Ein Raummeter Holz (etwa 2/3 eines Kubikmeters Holzmasse) spart ca. 200 kWh Erdgas oder 150 ltr. Heizöl ein.
- Nach Mantau (2018) werden 23 Prozent des genutzten Waldholzes in privaten Haushalten energetisch genutzt.
- Holz ist nicht die Lösung der gesamten Energiefrage: In einer Studie zur Bioenergie weist die Leopoldina 2012 darauf hin, dass die (theoretische) Verbrennung des jährlichen Holzeinschlages in Deutschland lediglich vier Prozent des gesamten Primärenergieverbrauches ersetzen würde.
- Viele Einzelhaushalte heizen mit Holz als Ersatz für fossile Brennstoffe: Beispiel: In Niedersachsen steht in jedem vierten Haushalt eine Holzfeuerung mit einem durchschnittlichen Verbrauch von knapp 2,5 Kubikmetern Scheitholz (davon $\frac{3}{4}$ Waldholz).

Nutzung von Holz für energetische Zwecke (III)

Treibhausgasemissionen in Verbindung mit dem Wachstum von Biomasse in Prozent des in geernteter Biomasse assimilierten CO₂

	CO ₂ aus Bodenkohlenstoff	CO ₂ aus fossilen Brennstoffen	Treibhausgase aus Ernteresten	N ₂ O und CH ₄ ^{a)}	Σ
Ackerland	4 %	11 %	14 %	12 %	41 %
Wiesen/ Weiden	-26 %	7 %	18 %	20 %	19 %
Wälder	-32 %	3 %	21 %	1 %	-7%

Der Brennstoff Holz ist dann umweltfreundlich, wenn die Wälder, aus denen das Holz entnommen wird, nachhaltig bewirtschaftet werden und wenn geeignete Techniken eingesetzt werden, um Schornstein-Emissionen, insbesondere Feinstaub (Ruß-Aerosole), zu reduzieren.

- 2022:**
- Holzeinschlag zur Energiegewinnung erreicht Höchstwert; ca. 14 Millionen Kubikmeter $\triangleq$ ca. 18 % des gesamten Holzeinschlags (ca. 78 Millionen Kubikmeter)
 - In Deutschland werden insgesamt 60% des Endenergieverbrauchs für Wärme (Gebäude/Prozesswärme) eingesetzt; **davon 16% aus Erneuerbaren Energien (ca. 90% Biomasse, insb. Holz).**

Fazit

- Klimawandel beeinflusst Wald-/Forstwirtschaft einschl. Agroforstwirtschaft und damit die Holzproduktion;
- Geeignete Klimaanpassungs-Strategien ermöglichen nachhaltige Bereitstellung von Holz;
- Holz ist ein relevanter Faktor zum Klimaschutz durch:
 - CO₂-Bindung
 - Substitution CO₂-intensiver Rohstoffe
- Verwendung von Holz definiert den Beitrag zum Klimaschutz:
 - Stoffliche Nutzung (z. B. Möbel-, Holzbau)
 - Energetische Nutzung (Wärme)
- **Schlussfolgerung: Kaskadennutzung – unter Beachtung des CO₂-Fußabdrucks (z. B. Logistikkette)**

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

....ab hier Reserve-Folien

Jährliche C-Speicherung, Rohholz- und Substitutionspotenzial im Basis-Szenario (45,5 % Laubholz, 55,5 % Nadelholz) und im Nadelholz-Szenario (70% Nadelholz) sowie Saldo über gesamten Betrachtungszeitraum (2012- 2052)

	Basisszenario	Nadelholzscenario
Mittlere Diff. Waldspeicher (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	Referenzwert	26,9
Änderung des Waldspeichers (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	4,9	- 9,25
C-Aufnahme (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	- 96,9	- 111,2
Rohholzpotenzial (Mio. m ² o. R./Jahr)	77,7	98,1
Substitutionspotenzial (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	92,0	120,5
Gesamtdifferenz zw. den Szenarien Substitutionspotenzial plus Vorratsdifferenz (Mio. t CO ₂ -Äq) jährlich		55,5
Gesamter Zeitraum		2.219

Substitutionspotenzial: Da ein höherer Anteil von Nadelholz für die Herstellung langlebiger Holzprodukte genutzt wird, ist der durchschnittliche Substitutionsfaktor bei Nadelholz mit 1,37 t C/t C höher anzusetzen als bei Laubholz mit 0,97 t C/t Ct, Ein hoher Anteil des Laubholzes fließt direkt der energetischen Nutzung zu. Höchstes Substitutions-Potential für Douglasie.

Energierentabilität (EROI) und Flächeneffizienz der Brennstoffproduktion

[EROI = Energie-Output/fossiler Energie-Input]

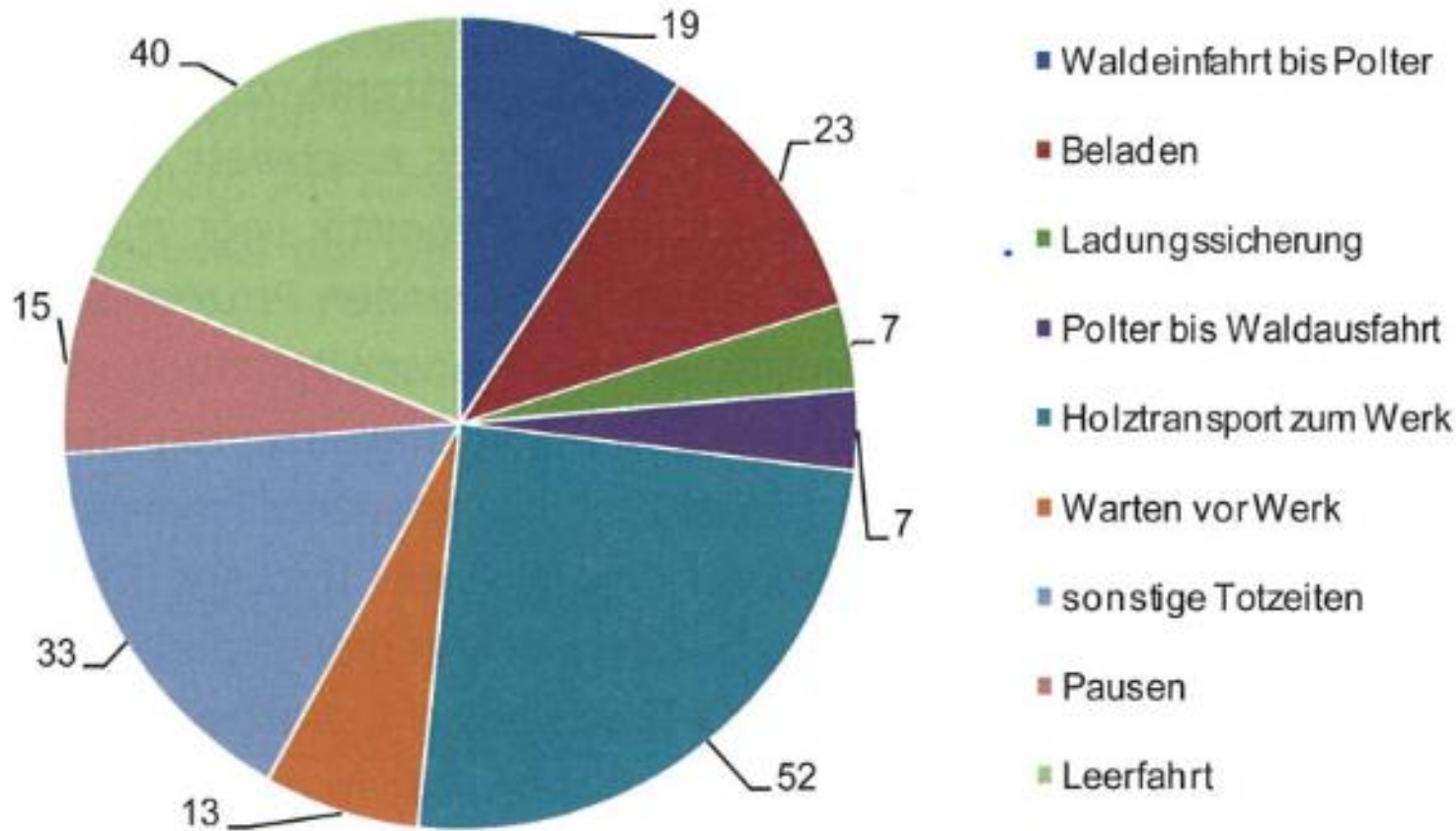
	EROI	Flächeneffizienz (W m ⁻²) (Jahresdurchschnitt) ^{e)}
Brennholz (Deutschland)	10 ^{a)}	< 0,2
Biodiesel aus Raps (Deutschland)	< 2 ^{a)}	< 0,2
Bioethanol aus Mais (USA)	1,5 ^{a)}	< 0,3
Bioethanol aus Zuckerrüben (Deutschland)	3,5 ^{a)}	< 0,4
Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	8 ^{a,b)}	< 0,5
Bioethanol aus Triticale/Mais (Deutschland) (kombinierte Produktion) (Kapitel 2.11)	8 ^{a)}	< 0,3
Bioethanol ^{a)} Methan ^{a)} und Strom aus Lignocellulose (Kapitel 2.11)	3	< 0,5
Bioethanol aus Rutenhirse (USA)	5,4 ^{a)}	< 0,2
Biobutanol	< 1 ^{a)}	
Biodiesel aus Algen (Kapitel 1.17)	< 1 ^{a)}	
Biogas aus Maissilage (Deutschland)	4,8 ^{a)}	< 1,1
Biogas aus Maissilage (Deutschland) (Strom)	1,4	< 0,4

Hält man am Basisszenario fest, so führt der mit der Laubwaldmehrung verbundene Rückgang der Produktivität der Wälder zu einem Absinken des Nadelrohholzaufkommens, das durch den Import von Nadelholz kompensiert werden müsste oder zu einer Verlagerung der Produktion von Holzerzeugnissen ins Ausland führen würde.

Die aus der C-Speicherung in Holzprodukten und den Prozessemissionen ermittelte Netto-Senkenleistung in Deutschland beträgt durchschnittlich etwas über -3,5 Mio. t CO₂-Äq/Jahr im Zeitraum 2009 bis 2013 (Rüter 2016a).

Ersetzen Holzprodukte jene aus anderen Rohstoffen mit zumeist höheren Treibhausgasemissionen, so liegen die stofflichen und energetischen Substitutionspotenziale deutlich über denen der CO₂-Speicherwirkung im Wald (additive Effekte)

Verteilung Transportzeiten für Rundholz

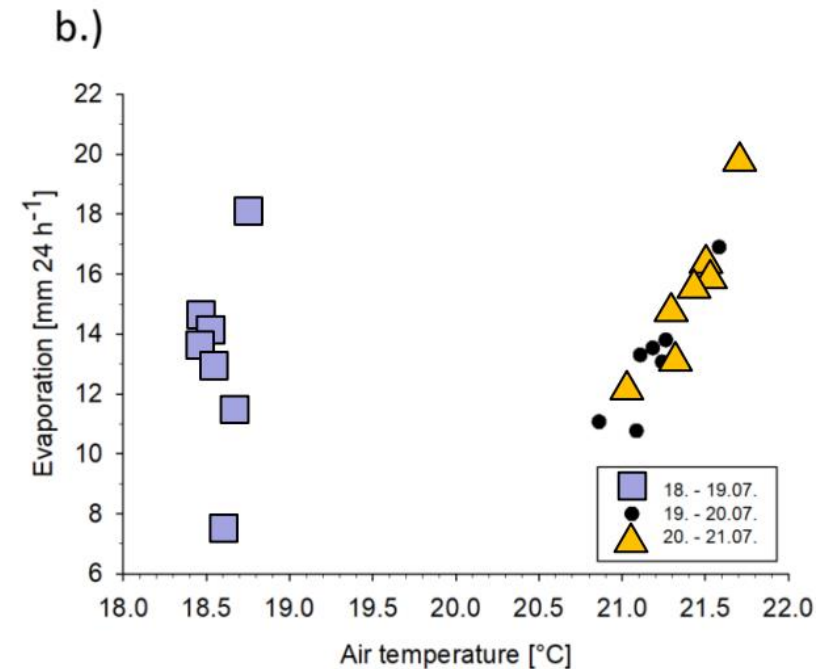
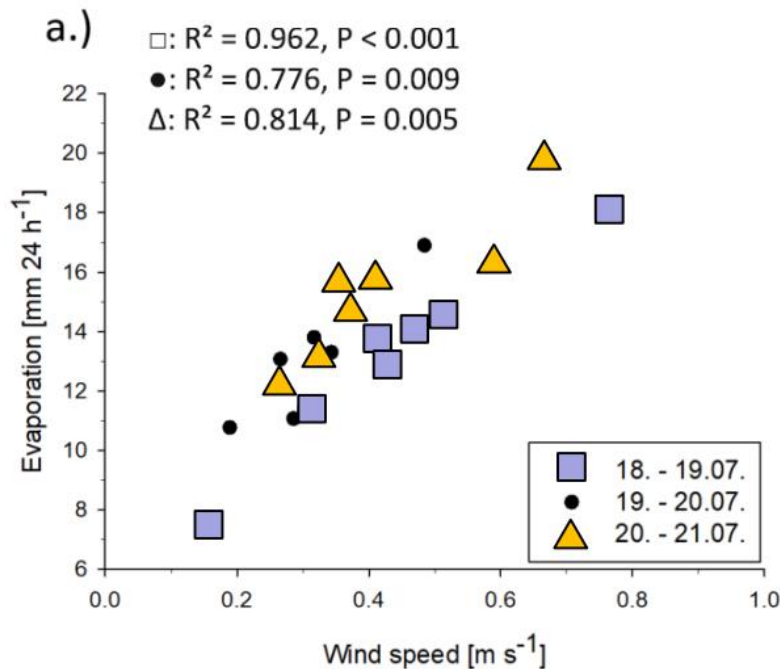


Durchschnittliches Transportaufkommen (min.) je Tour (Stichprobenumfang ca. 500 Touren innerhalb von 12 Monaten in Brandenburg und im Süden Mecklenburg-Vorpommerns)

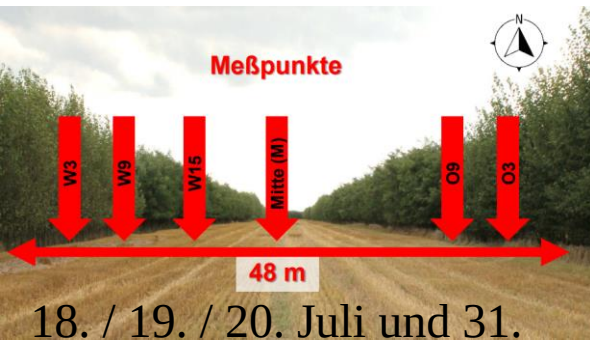
Die reine Transportzeit des Lkw mit Beladung beträgt lediglich 25 %! Hoher Zeitaufwand für Aufsuchen der Polter!

Klimaanpassung durch Agroforstsysteme

Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur als wesentliche Einflussfaktoren auf Reduzierung der pot. Verdunstung im Bereich der Ackerkulturen

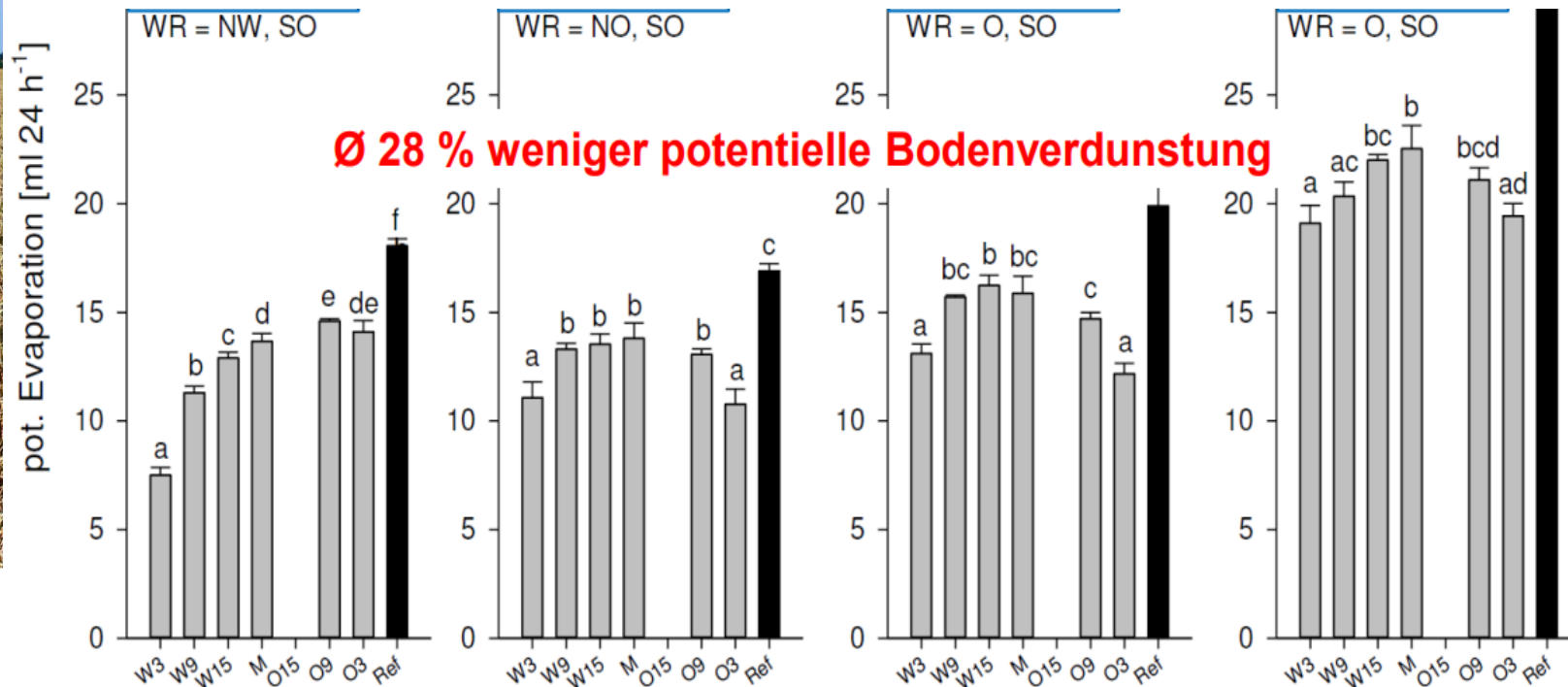


- Signifikanter Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Austrocknung
- Zusammenhang zwischen Lufttemperatur und Austrocknung erst bei höherer Lufttemperatur signifikant



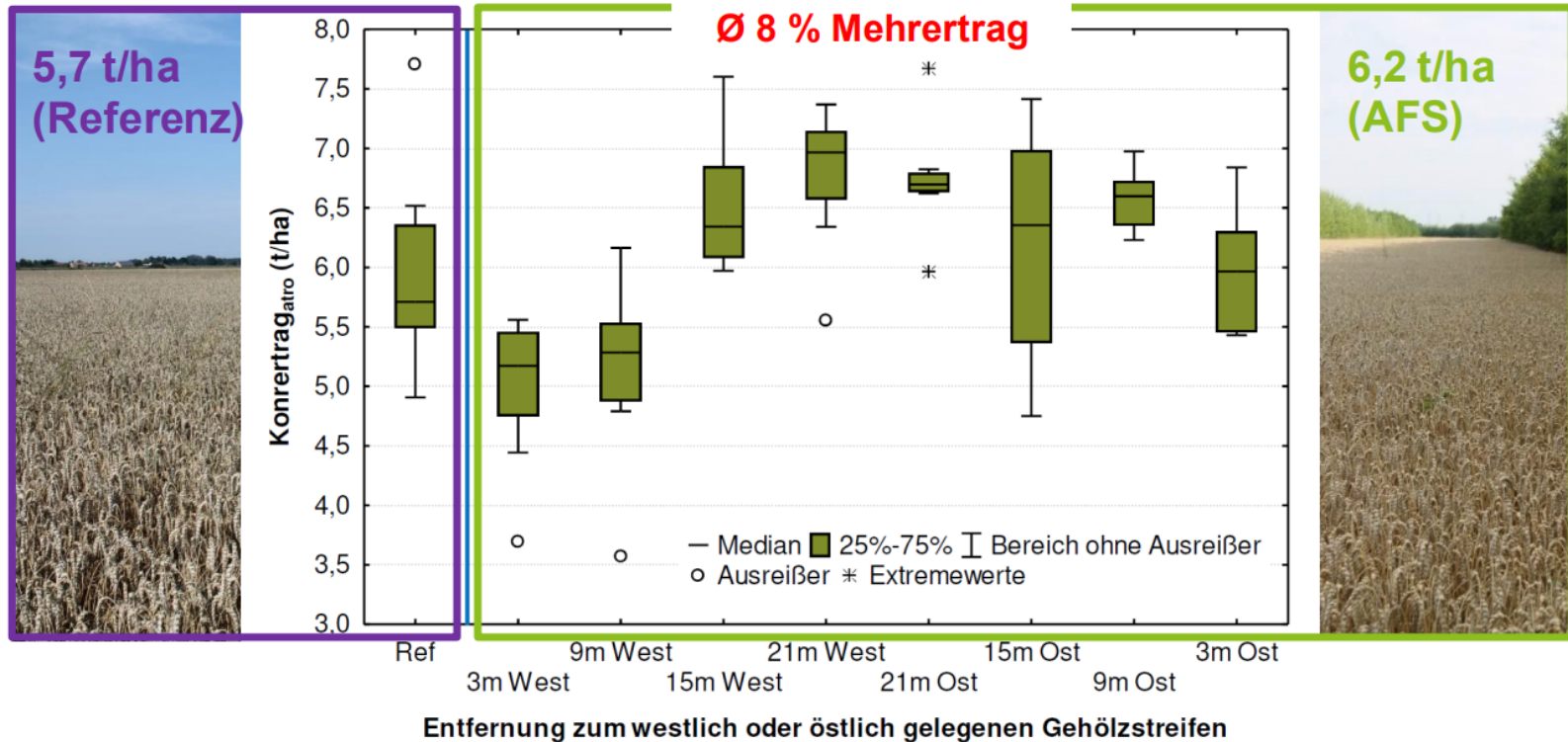
Klimaanpassung durch Agroforstsysteme

Reduzierung der potentiellen Verdunstung in Ackerkulturen - höhere Wasser-Nutzungseffizienz



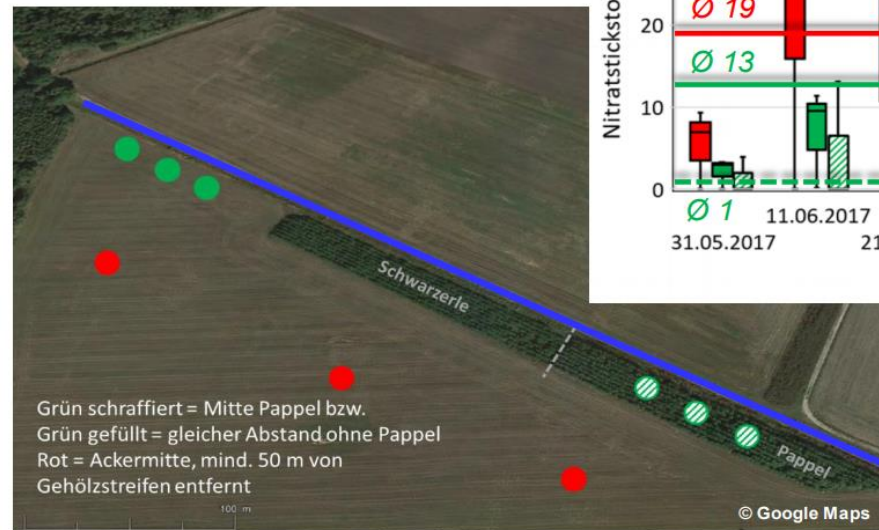
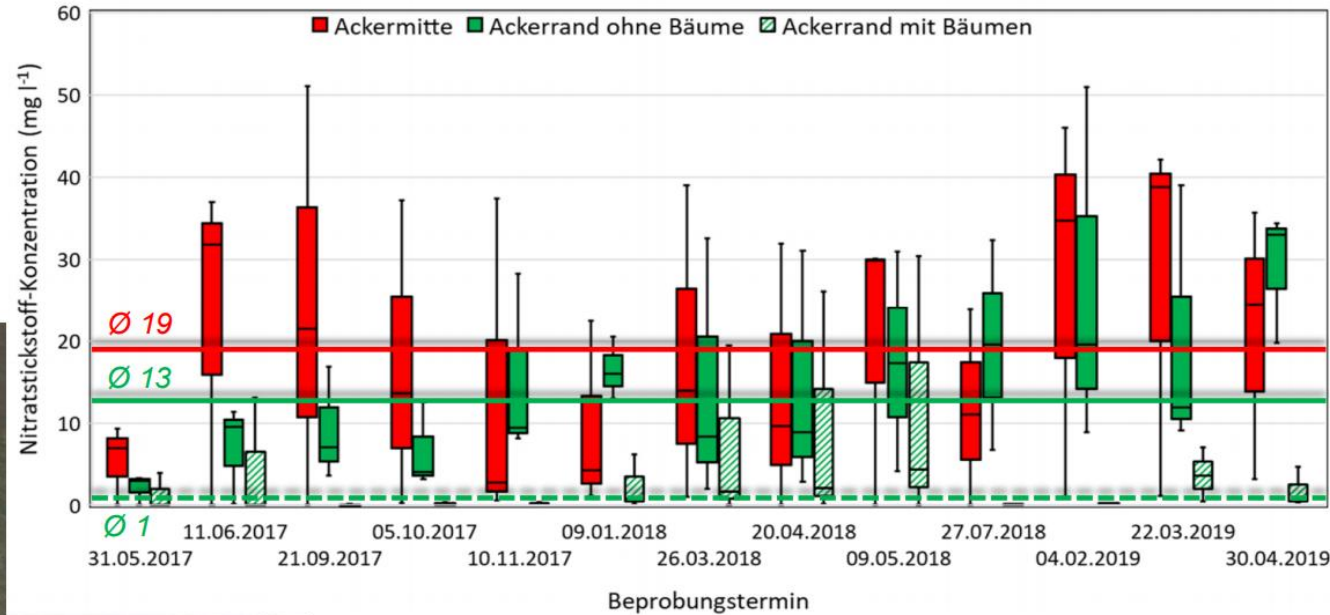
Höhere Flächenproduktivität durch verbessertes Mikroklima

Kornertrag Wintergerste auf 48 m breitem Ackerstreifen



Flächenverhältnis: 83 % (Ackerkulturen) : 17 % (Gehölzkulturen) → auf 83 % der Fläche konnten fast 91 % des Reinkultureertrages an Gerste angebaut werden; **LER = 1,1**

Reduzierung des Stoffeintrages in Oberflächengewässer



Quelle: Böhm C., Domin T., Kanzler M. (2020): Gewässerschutz durch Agroforstwirtschaft – Auswirkungen eines mit Agrarholz bestockten Gewässerrandes auf den Stickstoffaustrag in Oberflächengewässer. Innovationsgruppe AUFWERTEN, Loseblattsammlung, Loseblatt # 5

Einfluss der Gehölzstreifen auf die a-Diversität

Gruppe

Acker

Gehölzstreifen

Spinnen

7

6

Heuschrecken

3

4

Laufkäfer

31

65

(2/3 der Individuen)

Mäuse

2

2

Vögel

4

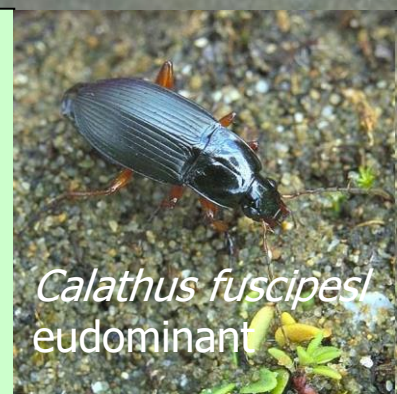
2

Pflanzen

11

23 (15 %)

(Trockenrasenarten)



- Windschutz
- Erosionsschutz
- verbessertes Mikroklima
- Erhöhung der Wasserhaltekapazität des Bodens
- Rückzugsgebiet für Tiere
- mehrjährige Ruhephase
- erhöhte Strukturvielfalt
- Trittsteinbiotop in die Bfl
- verbessertes Landschaftsbild

Ökologische Vorteilswirkungen der Gehölzstreifen

hohe strukturelle Vielfalt



hohe Nischenvielfalt



hohe Artenvielfalt

Alley-Cropping stellt ein durch Nutzung künstlich stabilisiertes Sukzessionsstadium dar, in dem die Biodiversität auf einem für Nutzökosysteme hohem Niveau stabilisiert ist.

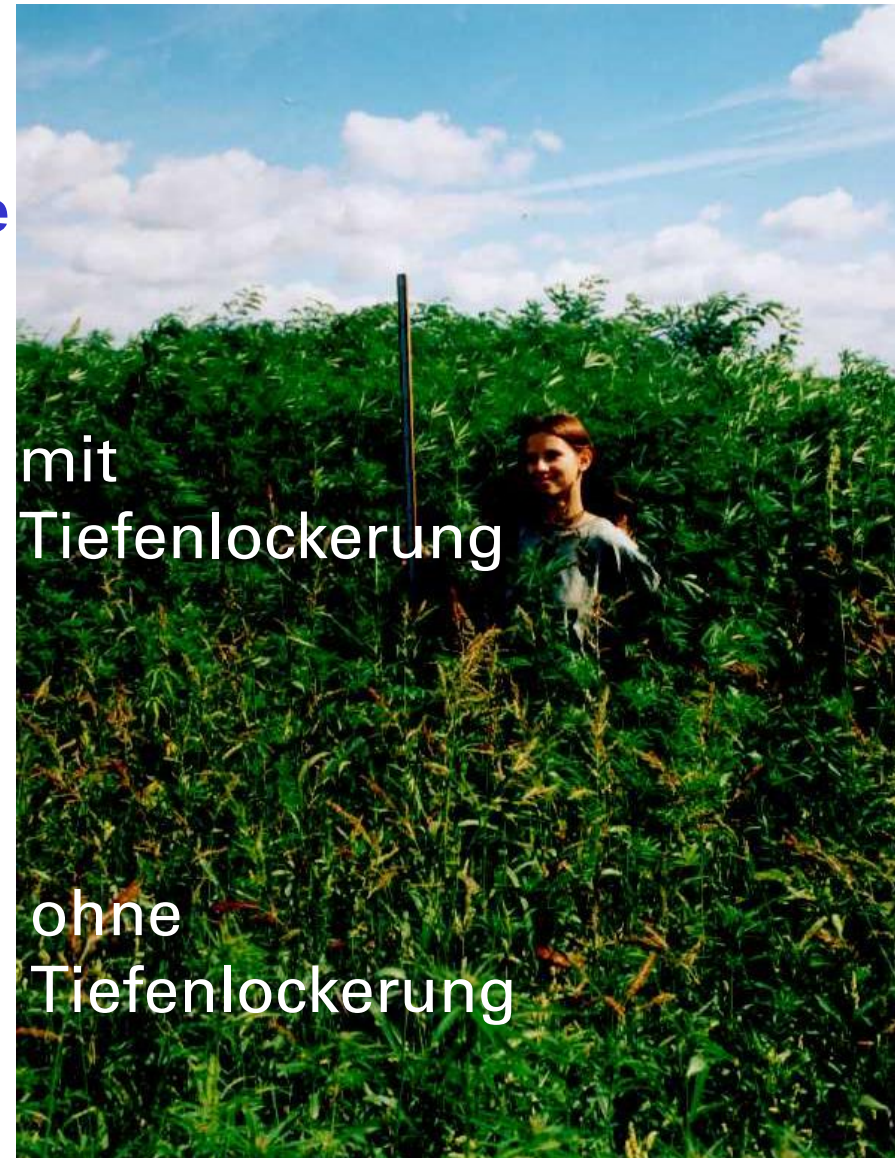
Bergbaufolgelandschaft ist aus naturschutzfachlicher Sicht grundsätzlich von Bedeutung für Organismen nährstoffarmer Standorte, die in Mitteleuropa zu den bedrohten Biotoptypen zählen

Hanfanbau auf der Versuchsfläche Alley-Cropping Sommer 1998 (Sorte: Ferimon, Ukraine)

Trockenmasseproduktion (lutro)

tiefengelockert: 4,0 t/ha

Nicht tiefengelockert: 6,4 t/ha



Jährliche C-Speicherung, Rohholz- und Substitutionspotenzial im Basis-Szenario (45,5 % Laubholz, 55,5 % Nadelholz) und im Nadelholz-Szenario (70% Nadelholz) sowie Saldo über gesamten Betrachtungszeitraum (2012- 2052)

	Basisszenario	Nadelholzscenario
Mittlere Diff. Waldspeicher (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	Referenzwert	26,9
Änderung des Waldspeichers (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	4,9	- 9,25
C-Aufnahme (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	- 96,9	- 111,2
Rohholzpotenzial (Mio. m ² o. R./Jahr)	77,7	98,1
Substitutionspotenzial (Mio. t CO ₂ -Äq/Jahr)	92,0	120,5
Gesamtdifferenz zw. den Szenarien Substitutionspotenzial plus Vorratsdifferenz (Mio. t CO ₂ -Äq) jährlich		55,5
Gesamter Zeitraum		2.219

Substitutionspotenzial: Da ein höherer Anteil von Nadelholz für die Herstellung langlebiger Holzprodukte genutzt wird, ist der durchschnittliche Substitutionsfaktor bei Nadelholz mit 1,37 t C/t C höher anzusetzen als bei Laubholz mit 0,97 t C/t Ct, Ein hoher Anteil des Laubholzes fließt direkt der energetischen Nutzung zu. Höchstes Substitutions-Potential für Douglasie.