



Kombinierte Mischbestands-Durchforstungsversuche

Nachhaltigkeit und Neuausrichtung des Ertragskundlichen Versuchswesens in Bayern
(W046, Versuchskonzept 2100)

Enno Uhl, Bernhard Depner, Birgit Reger, Michael Rager, Lothar Zimmermann, Hans Pretzsch

28. Statusseminar, Kuratorium für Forstliche Forschung, 10.04.2024



Inhalt

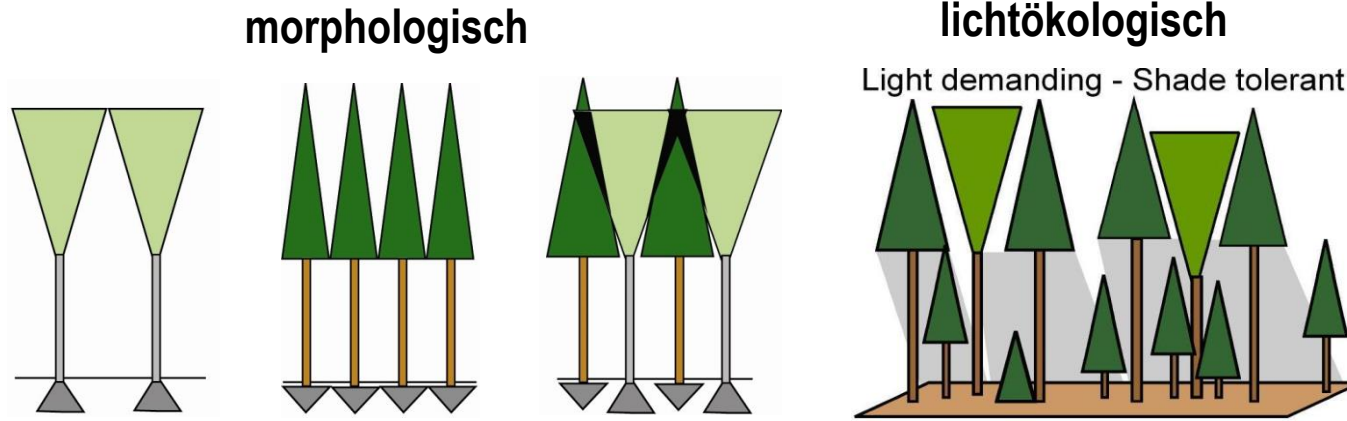
- Hintergrund
- Projektziele
- Implementierung
- Perspektiven



Hintergrund: Mischbestände – Was wir wissen

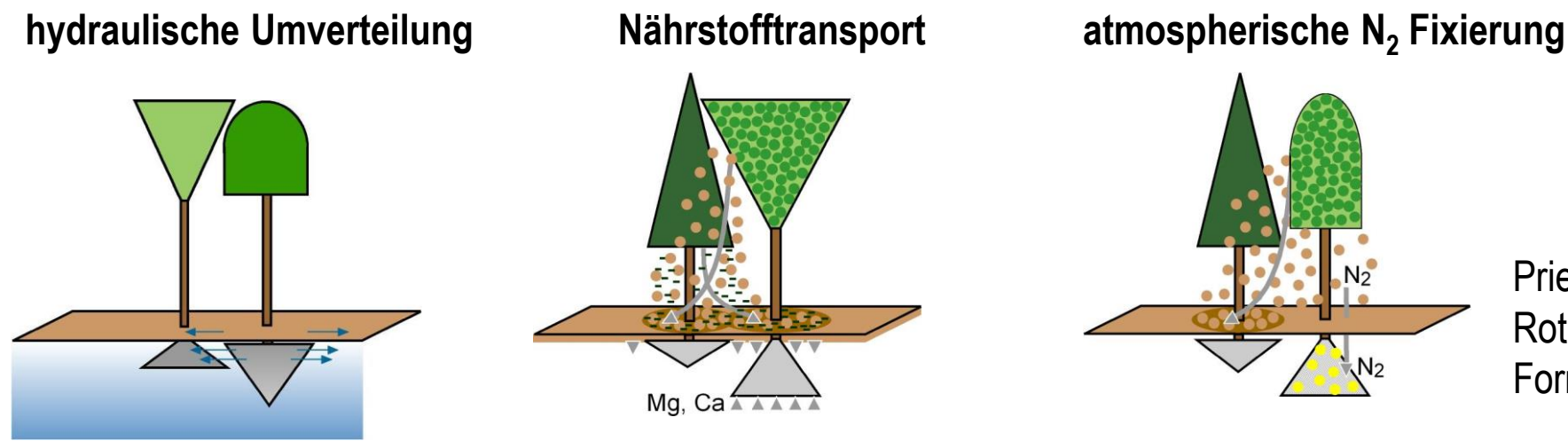
Interspezifische Interaktionen

Nischen-
komplementarität



Ammer Ch (2018)
Pretzsch, H, Forrester, D,
Bauhus, J (2017)

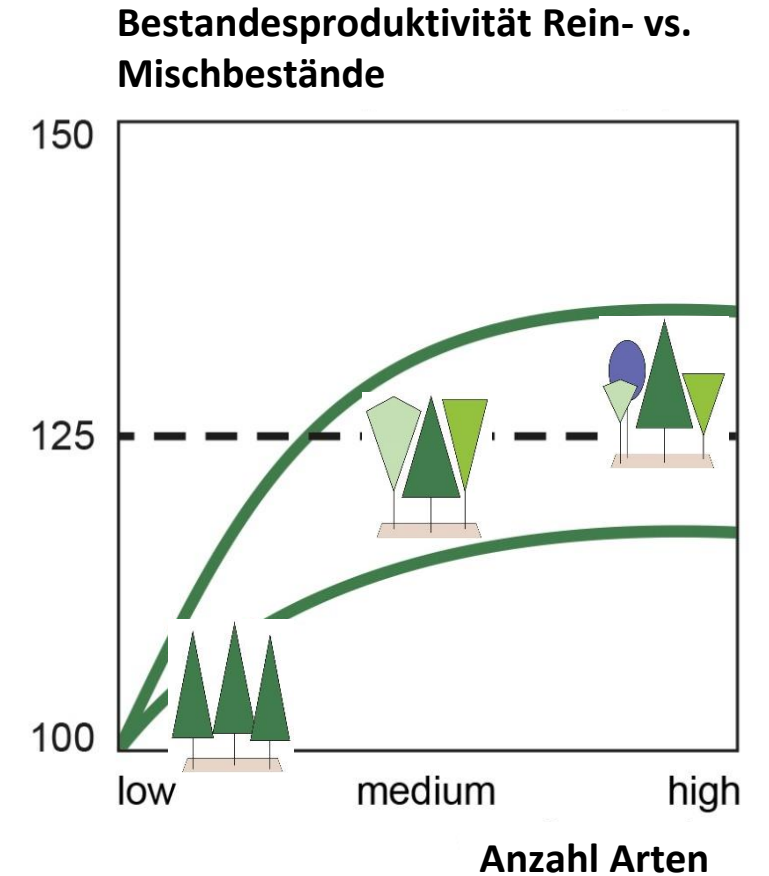
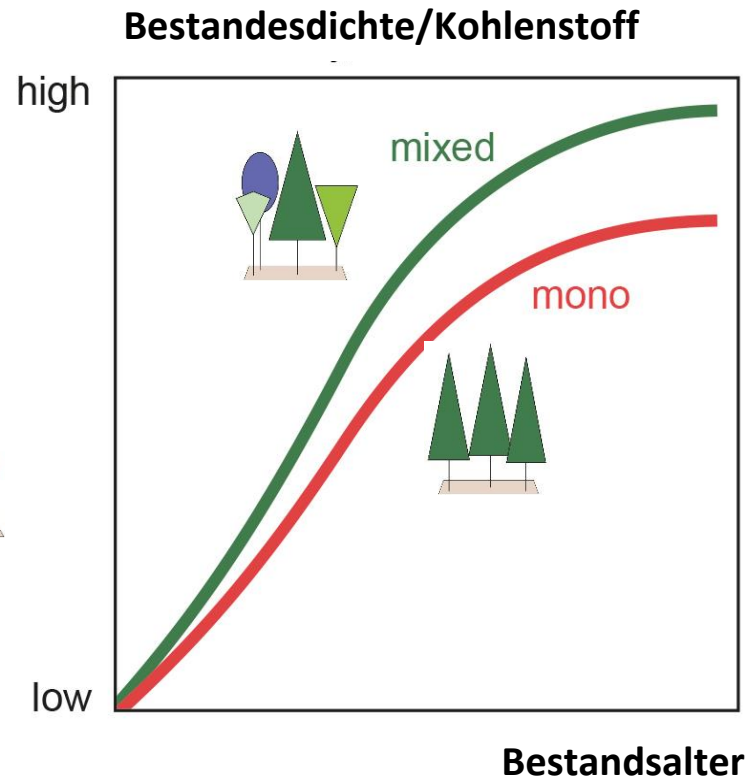
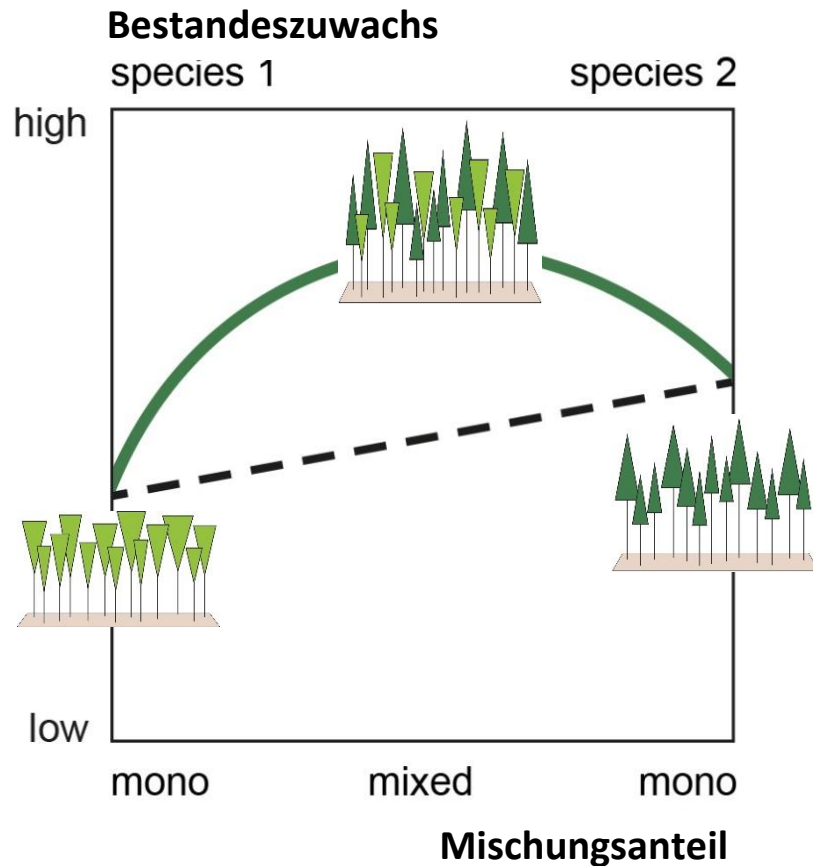
Fazilitation



Prieto et al. (2012)
Rothe, Binkley (2001)
Forrester et al. (2007, 2007)

Hintergrund: Mischbestände – Was wir wissen

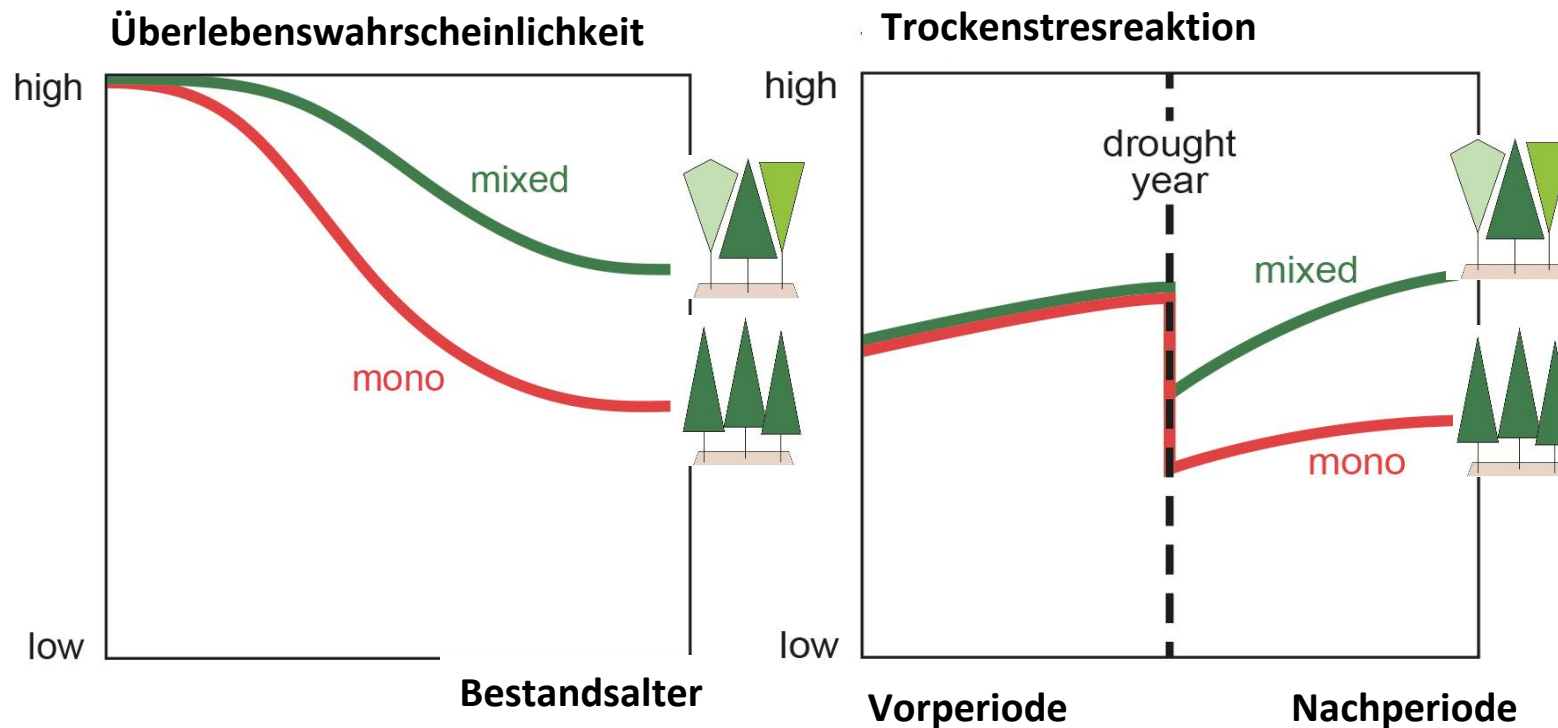
Effekte: Kapazitätserhöhung/Produktivität/Kohlenstoffbindung



z.B. del Rio, M. et al. 2016: Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives. European Journal of Forest Research 135(1):23-49

Hintergrund: Mischbestände – Was wir wissen

Effekte: Resilienz, Stabilität

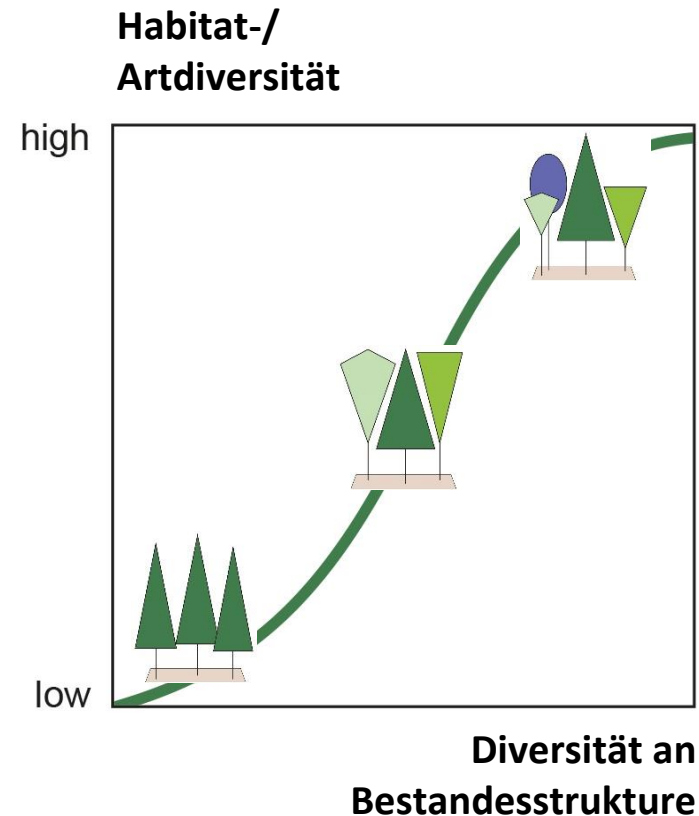


z.B. Pardos et al. 2021: The greater resilience of mixed forests to drought mainly depends on their composition: Analysis along a climate gradient across Europe. Forest Ecology and Management Vol. 481 (p. 15)1

Hintergrund: Mischbestände – Was wir wissen

Effekte: Strukturierung/Biodiversität

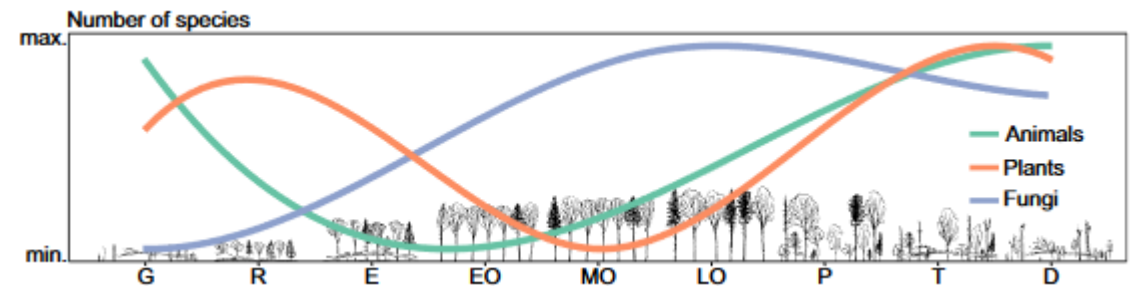
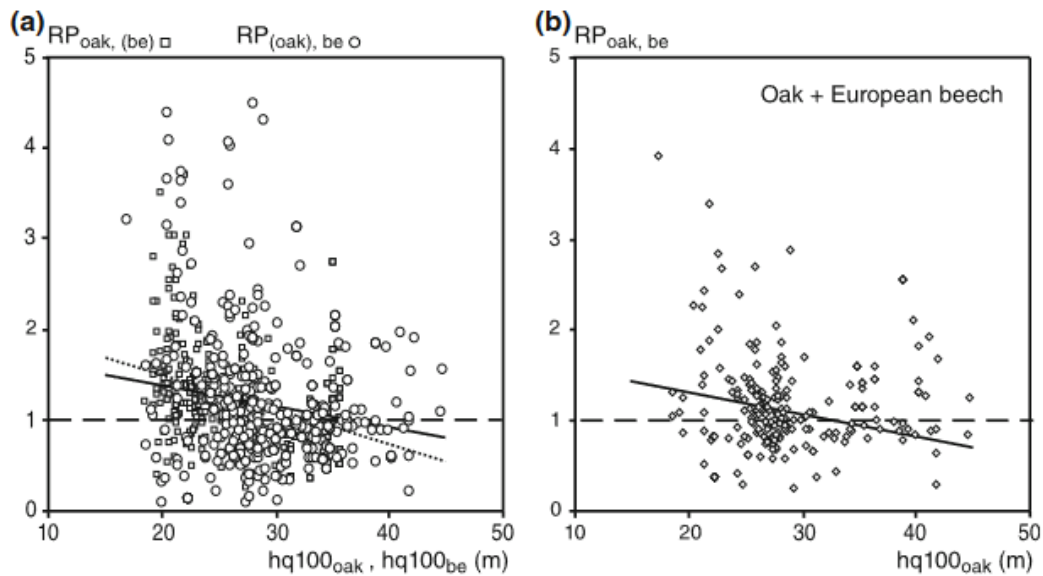
Strukturerhöhung durch Mischung



z.B. Varga, P. et al. 2005. Tree-size diversity between single- and mixed-species stands in three forest types in western Canada. *Canadian Journal of Forest Research*. **35**(3): 593-601

Hintergrund: Mischbestände – Was wir nicht wissen

- Bisherige Ergebnisse fußen häufig auf Momentaufnahmen (Inventuren, temporäre Probeflächen).
- Langfristige Versuchsanlagen zur Analyse der Kausalzusammenhänge zwischen Produktivität, Resilienz und Biodiversität in einem weiten Wertebereich von Bestandes- und Umweltvariablen fehlt.



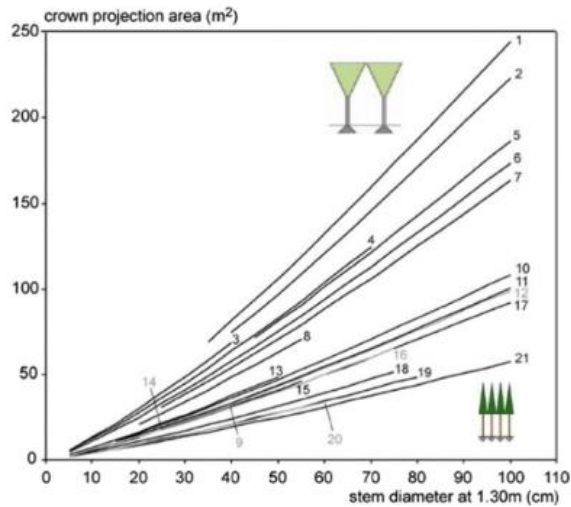
aus: Pretzsch, H. et al. 2013. Productivity of mixed versus pure stands of oak (*Quercus pretraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) along an ecological gradient. *European Journal of Forest Research* 132(2):263-280

Hilmers, T. et al. 2018. Biodiversity along temperate forest succession. *J Appl Ecol.* 55(6):2756-2766

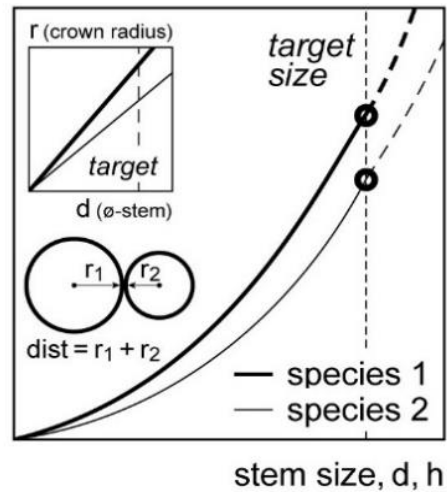
Hintergrund: Mischbestände – Was wir nicht wissen

Pflege- und Durchforstung von Mischbeständen

Kronen- Allometrie



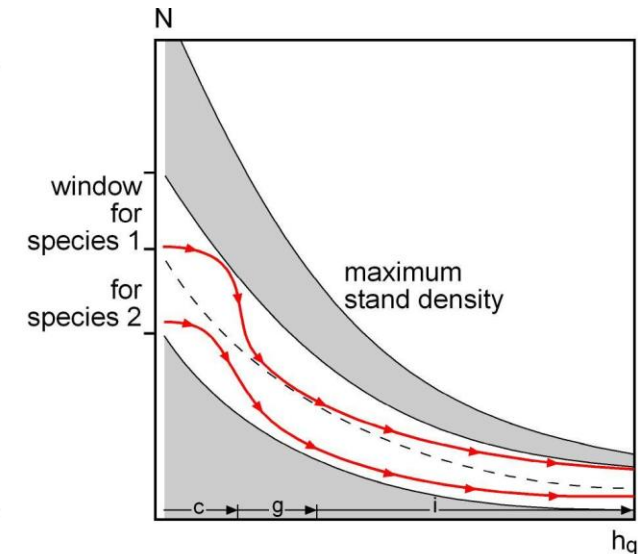
Kronenprojektionfläche



Dichte-Äquivalenz-
Koeffizienten

| d (cm) | species 1 | | | | |
|--------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 10 | 1.3 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 20 | 4.7 | 1.5 | 0.8 | 0.5 | 0.3 |
| 30 | 7.2 | 2.3 | 1.2 | 0.7 | 0.5 |
| 40 | 10.1 | 3.2 | 1.7 | 1.0 | 0.7 |
| 50 | 26.5 | 8.4 | 4.3 | 2.7 | 1.9 |

Eingriffsintervalle



z.B. Pretzsch, H. et al. 2021. Silvicultural prescriptions for mixed-species forest stands. A European review and perspective. European Journal of Forest

Projektziele

Anlage von Mischbestandsflächen als Basis für die langfristige, multikriterielle Erfassung und Untersuchung von Ökologie, Produktivität, Holzqualität und Biodiversität und zur Herleitung von Behandlungsoptionen.

- Erweiterung des Kenntnisstandes zur Dynamik von Mischbeständen
- Entwicklung von Pflege- und Durchforstungskonzepten für Mischbestände auch zur Stärkung des Waldumbaus

 Multifaktorielles Versuchsdesign

Implementierung

Faktor: Mischungsart (Zweiartenmischungen)

Buche



© baumportal.de

Eiche



© baumportal.de

Kiefer



© baumportal.de

Fichte



© baumportal.de

Douglasie



© baumportal.de

Tanne

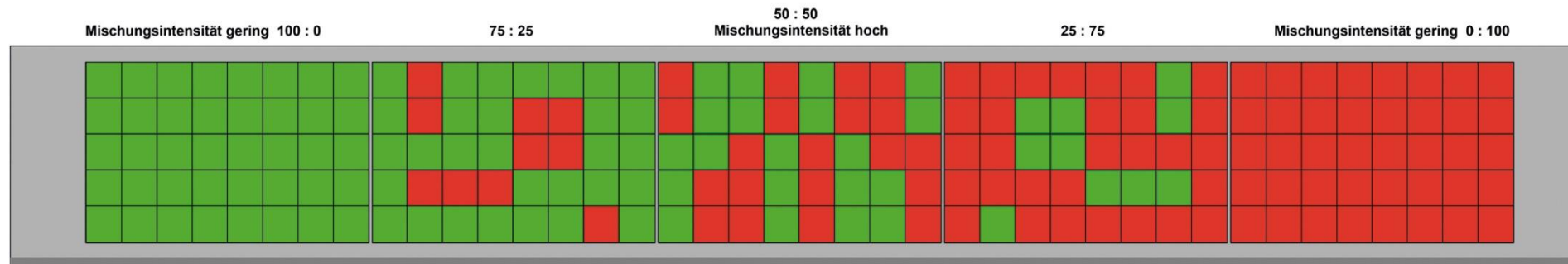


© baumportal.de



Implementierung

Faktor: Mischungsintensität

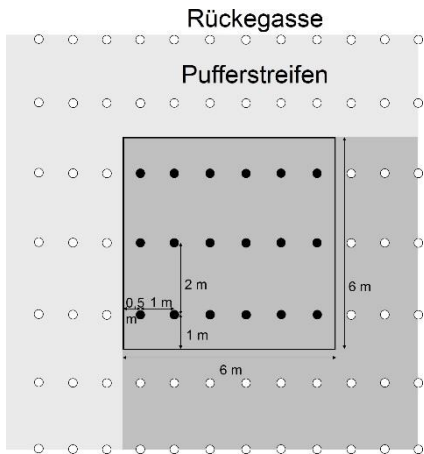


Implementierung

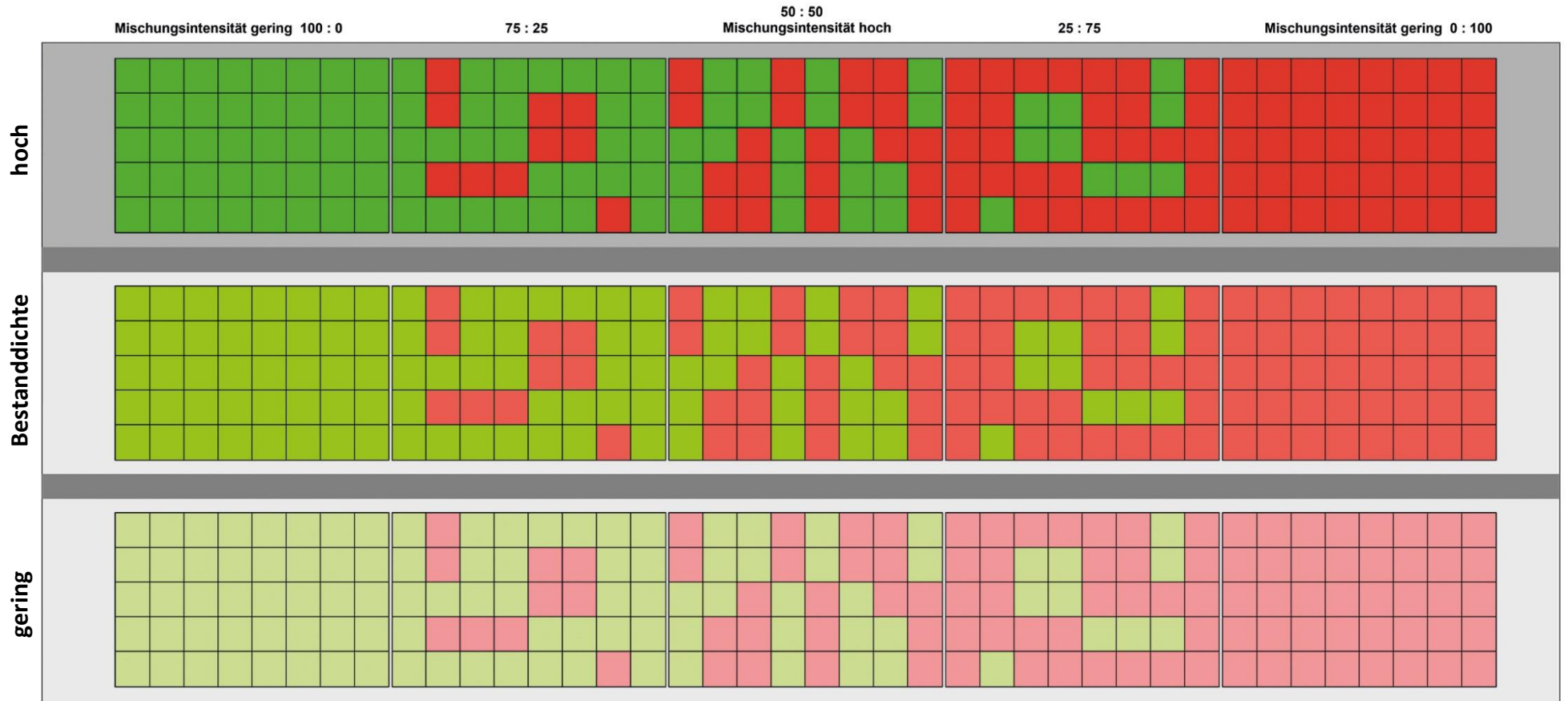
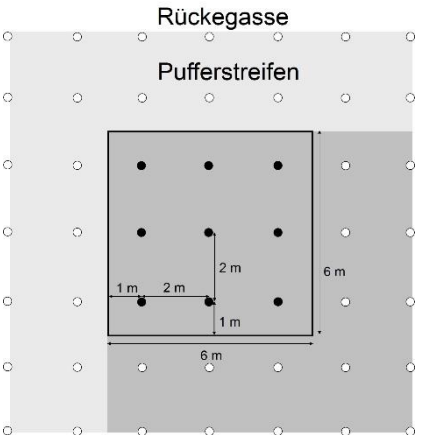


Faktor: Bestandsdichte

Verband 1 m x 2 m (5.000 ha⁻¹)



Verband 2 m x 2 m (2.500 ha⁻¹)



Implementierung

Faktor: Standort

| Versuchsgebiet | forstliches Wuchsgebiet | Baumartenkombinationen | | | |
|-------------------------------------|--|------------------------|---------------|----------------|----------------|
| Sachsenrieder Forst, FB Landsberg | 14.4 Oberbayerische Jungmoräne und Molassevorberge | Bu-Fi 1(+) | Bu-Ta 1(+) | | |
| Ebersberger Forst, FB Wasserburg | 13.2.2 Südliche Münchener Schotterterasse | Bu-Fi 2(o) | Bu-Ta 1(o) | Bu-Dgl 2(o) | Bu-Ei 1(-) |
| Bundorfer Forst, FB Bad Königshofen | 5.1 Haßberge | | | Bu-Dgl 1(+) | Bu-Ei 1(+) |
| Selb, FB Selb | 8.7 Selb-Wunsiedler Bucht | Bu-Fi 1(o) | Bu-Ta 1(-) | Bu-Dgl 1(-) | Ei-Kie 1(-) |

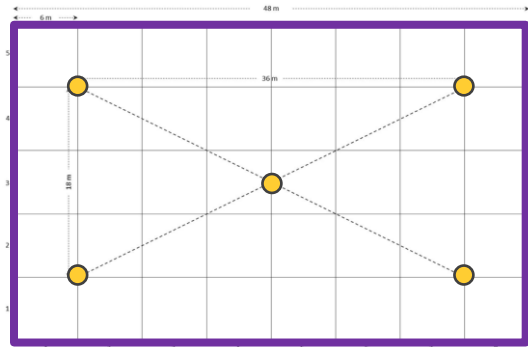
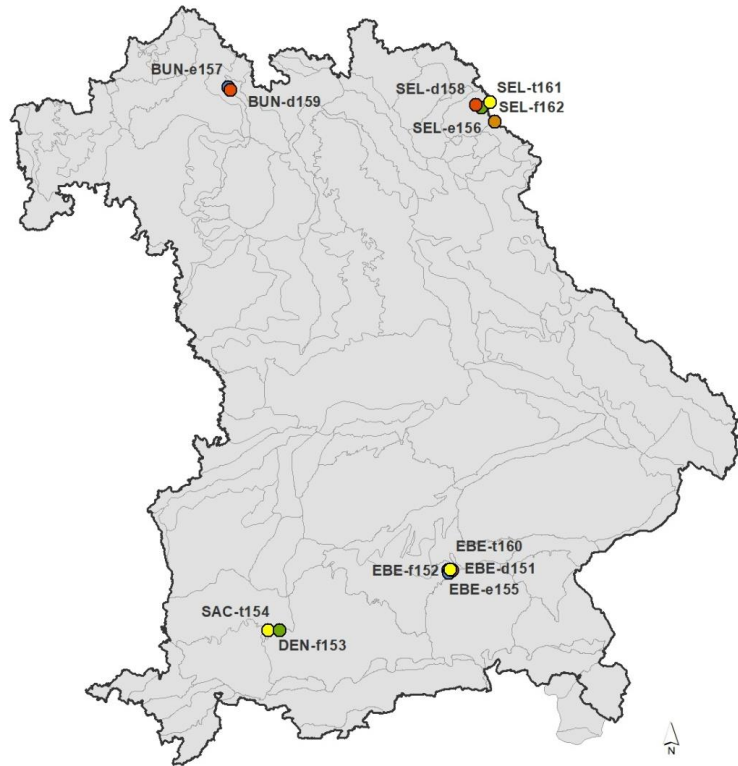
Ermöglicht:

- Analyse des Standorteffekts auf Mischungsinteraktion und Strukturierung
- Vergleich verschiedener Artmischungen auf gleichem Standort



Implementierung

Erfassung der Standortseigenschaften anhand von 60 horizont- und 60 tiefenstufenweise Bodenbeprobungen.



| | Horizonte | Tiefenstufen |
|----------|------------|--------------|
| EBE-d151 | 30 | 45 |
| EBE-f152 | 39 | 40 |
| DEN-f153 | 30 | 45 |
| SAC-t154 | 30 | 45 |
| EBE-e155 | 39 | 48 |
| SEL-e156 | 36 | 50 |
| BUN-e157 | 31 | 50 |
| SEL-d158 | 35 | 50 |
| BUN-e159 | 30 | 50 |
| EBE-t160 | 40 | 50 |
| SEL-t161 | 34 | 50 |
| SEL-f162 | 34 | 50 |
| | 408 | 573 |

- Buche-Fichte ● Buche-Tanne ● Buche-Douglasie ● Buche-Eiche ● Eiche-Kiefer
- (+) DEN-f153 (+) SAC-t154 (+) BUN-d159 (+) BUN-e157
- (o) EBE-f152 (o) EBE-t160 (o) EBE-d151
- (o) SEL-f162 (-) SEL-t161 (-) SEL-d158 (-) EBE-e155 (-) SEL-e156



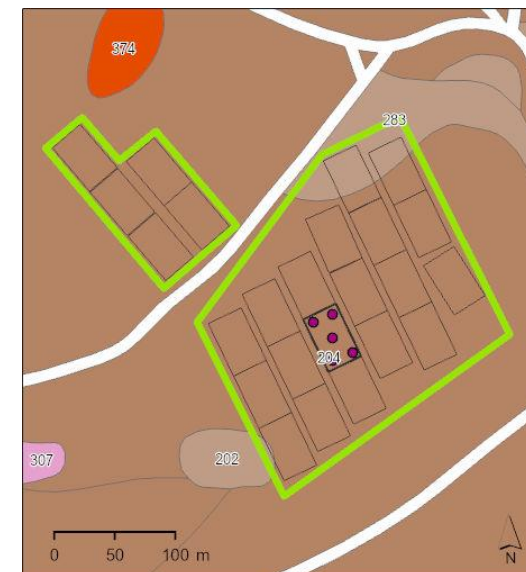
Implementierung

Standortbeschreibung anhand von GIS-Abfragen und Laboranalysen ...am Beispiel DEN-f153

| Standortdaten | | | | | |
|-----------------|--------------------------------|--|------------------------------|----------------------|-------------|
| Lage | Abteilung | 7. Meindelsgericht | Rechtswert | 4413370 | |
| | Distrikt | 58. Stellerwald | Hochwert | 5303030 | |
| | Revier | 11. Dienhausen Ost | Fläche | 4,37 ha | |
| | Forstbetrieb | 29. Landsberg am Lech | Parzellen | 1-20 | |
| | Wuchsgebiet | 13 Schwäbisch-Bayerische Schotterplatten- und Altmoränenlandschaft | | | |
| | Wuchsbezirk | 13.4 Vorallgäu | | | |
| Relief | Höhe über NN. | 780 m ü. NN. | | | |
| | Hangneigung | schwach geneigt (2 – 5°) | Exposition | Nordost (22,5-67,5°) | |
| Klima | Mittl. Jahresniederschlag | 1115 mm | Mittl. Jahrestemperatur | 7,3° C | |
| | Mittl. Niederschlag (Mai-Sep.) | 605 mm | Mittl. Temperatur (Mai-Sep.) | 13,9° C | |
| Geologie | Geologische Einheit | Moräne, rißzeitlich (R,,g) | | | |
| | Gesteinsbeschreibung | Kies und Sand, schluffig | | | |
| Boden | Bodeneinheit | 37 Fast ausschließlich Braunerde und Parabraunerde aus kiesführendem Lehm bis Ton (Deckschicht) über Kieslehm bis Lehmkies (Altmoräne) | | | |
| | Bodenart | Lehm über mildem Ton | | | |
| | Basenhaushalt | Typ 3 (mittelbasisch) | | | |
| | Wasserhaushalt | 1 (Tdiff 0-5) | | | |
| Standort | Standorteinheit | 204 - frische, tiefgründige Lehme (202 - mäßig frische Lehme) | | | |
| | Anbaurisiko | Buche 2000 | sehr gering | Buche 2100 | sehr gering |
| | | Fichte 2000 | sehr gering | Fichte 2100 | erhöht |



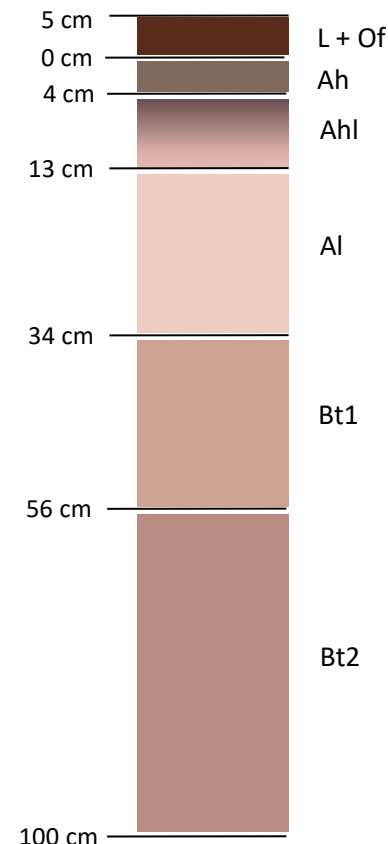
Standortskarte



Hintergrundkarte: © Standortkarte der BaySF

Profilbeschreibung

Parabraunerde



Bodendatenbank

| AufID | PPlan | Einh | K | Mg | Mn | Mo | Na | |
|------------------|----------|-------|---|----------|---------|---------|------|---------|
| DEN-f153_P05_H01 | KÖWA | mg/kg | | 674,00 | 514,30 | 1329,00 | 0,31 | 50,00 |
| DEN-f153_P05_H02 | SM_TOTAL | mg/kg | | 4185,00 | 1559,00 | 613,90 | 1,64 | 1870,00 |
| DEN-f153_P05_H03 | SM_TOTAL | mg/kg | | 4916,00 | 1881,00 | 1578,00 | 0,94 | 2411,00 |
| DEN-f153_P05_H04 | SM_TOTAL | mg/kg | | 5705,00 | 2368,00 | 2150,00 | 0,87 | 2338,00 |
| DEN-f153_P05_H05 | SM_TOTAL | mg/kg | | 8341,00 | 4374,00 | 1745,00 | 0,80 | 2127,00 |
| DEN-f153_P05_H06 | SM_TOTAL | mg/kg | | 10010,00 | 5670,00 | 1397,00 | 0,98 | 1824,00 |

Implementierung



Aufbau eines Messnetzes zur Bodenfeuchtemessung zur langfristigen Erfassung der Triebkräfte

| | Anzahl Profillöcher | Anzahl Schaltschränke | Verbaute Feuchtigkeitssensoren | Verbaute Temperatursensoren |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| DEN-f153 Meindelsgericht | 17 | 3 | 51 | 9 |
| SAC-t154 Stockergäsele | 15 | 3 | 45 | 9 |
| SEL-e156 Durchschlupf | 15 | 3 | 45 | 9 |
| SEL-d158 Lause | 15 | 3 | 45 | 9 |
| BUN-e-157 | 15 | 3 | 45 | 9 |
| BUN-d-159 | 15 | 3 | 45 | 9 |
| gesamt | 92 | 18 | 276 | 54 |

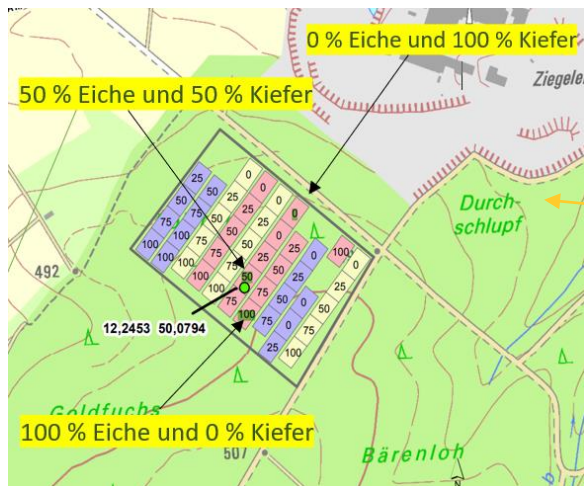
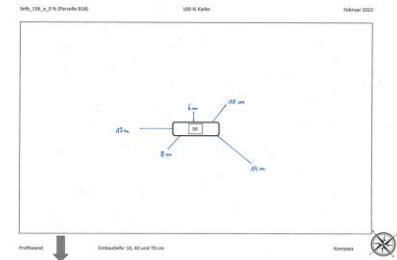
■ 6 Versuchsflächen wurden instrumentiert

■ Pro Fläche 3 Parzellen

■ Pro Parzelle 1 Schaltkasten und 5 Profilgruben (Ausnahme eine Parzelle mit 7 Profilgruben)

■ Es werden 4 Gruben nur mit Bodenfeuchtigkeitssensoren ausgestattet und 1 Grube zusätzlich mit Temperatursensoren

■ Immer in drei verschiedenen Tiefenstufen (Beispiel SEL-e156: 30 cm; 50 cm; 90 cm)



Beispiel: Versuchsfläche SEL-e156 Durchschlupf

■ Die vierte Versuchsfläche zur Instrumentierung ist SEL-e156 Durchschlupf, ca. 25 km entfernt von der Versuchsfläche SEL-d-158 Lause.

■ Nur die mittlere Durchforstungsstärke wurde jeweils instrumentiert.



Implementierung

Datenerhebung und -transfer



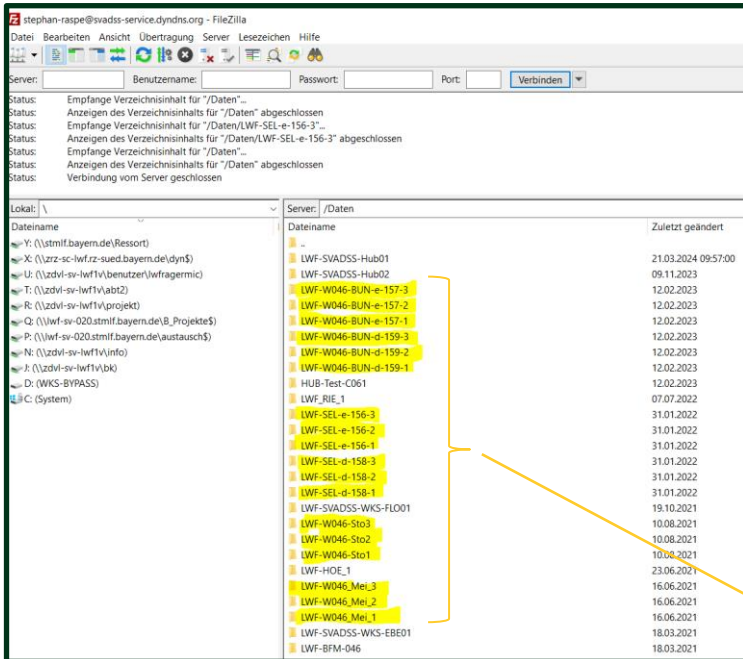
Datenerhebung

- Von den Profilgruben aus gehen die Sensoren-Kabel in den Schaltkasten
- Insgesamt pro Parzelle:
 - 45 Bodenfeuchtigkeitssensoren
 - 10 HS Sonden der Firma Meter
 - 9 Temperatursensoren
 - PT 100 Temperatursensoren
- Die Daten werden im Logger gespeichert (im Intervall von 30 min)

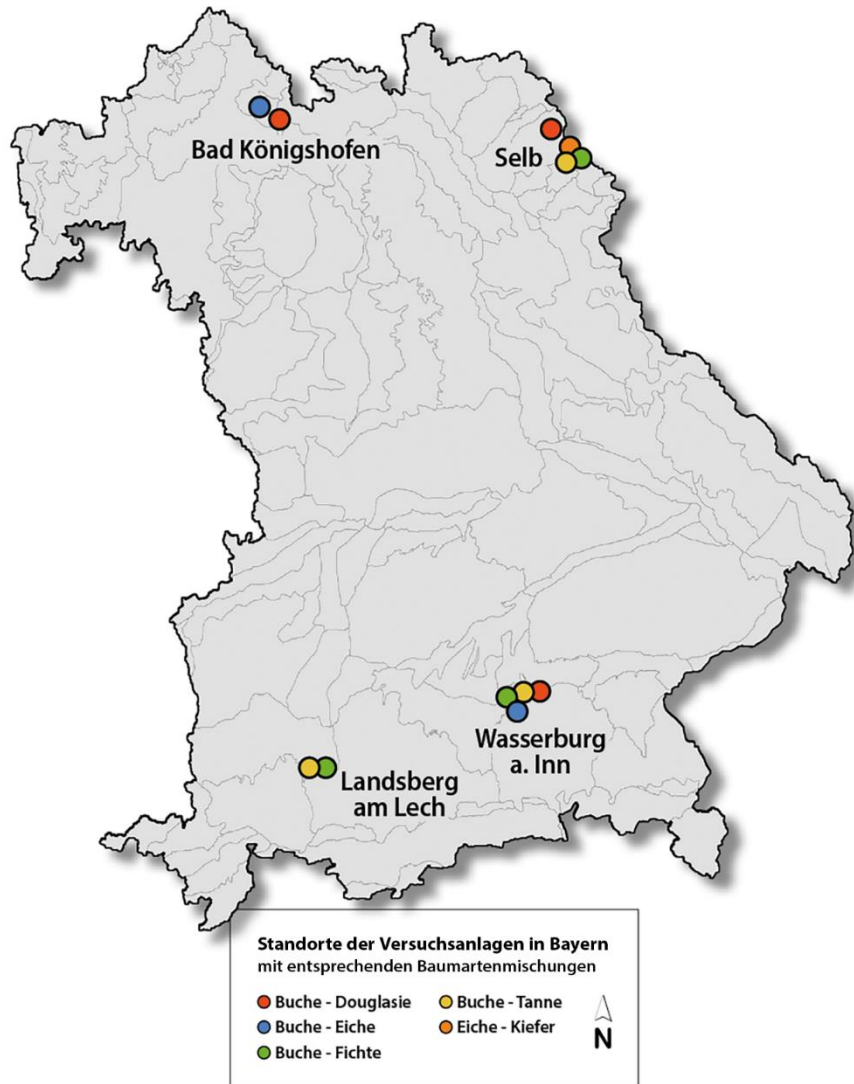


Datentransfer

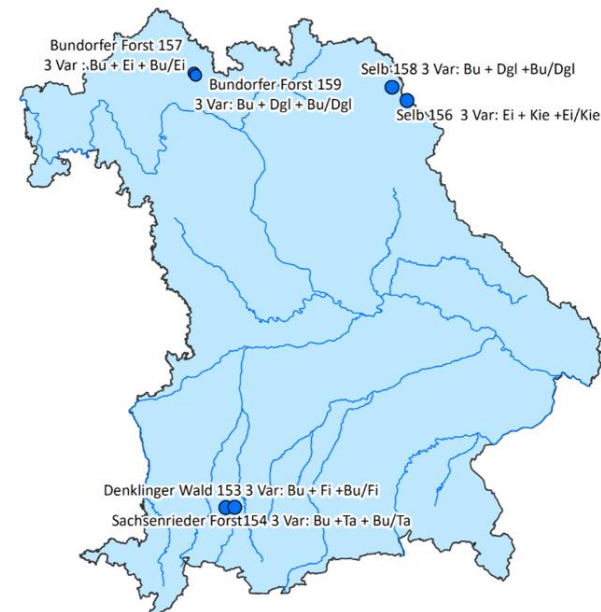
- Diese Daten werden vom Schaltkasten alle 24 h über ein Modem an den SVADDS – Server übertragen
- Dort werden die Daten dauerhaft als csv-Dateien abgespeichert
- Vom Server werden die Daten in die hauseigene Rohdatenbank (Plausibilitätstest) gespielt und von dort aus in den WKS-Monitor übertragen



Implementierung (Stand 03/2024)



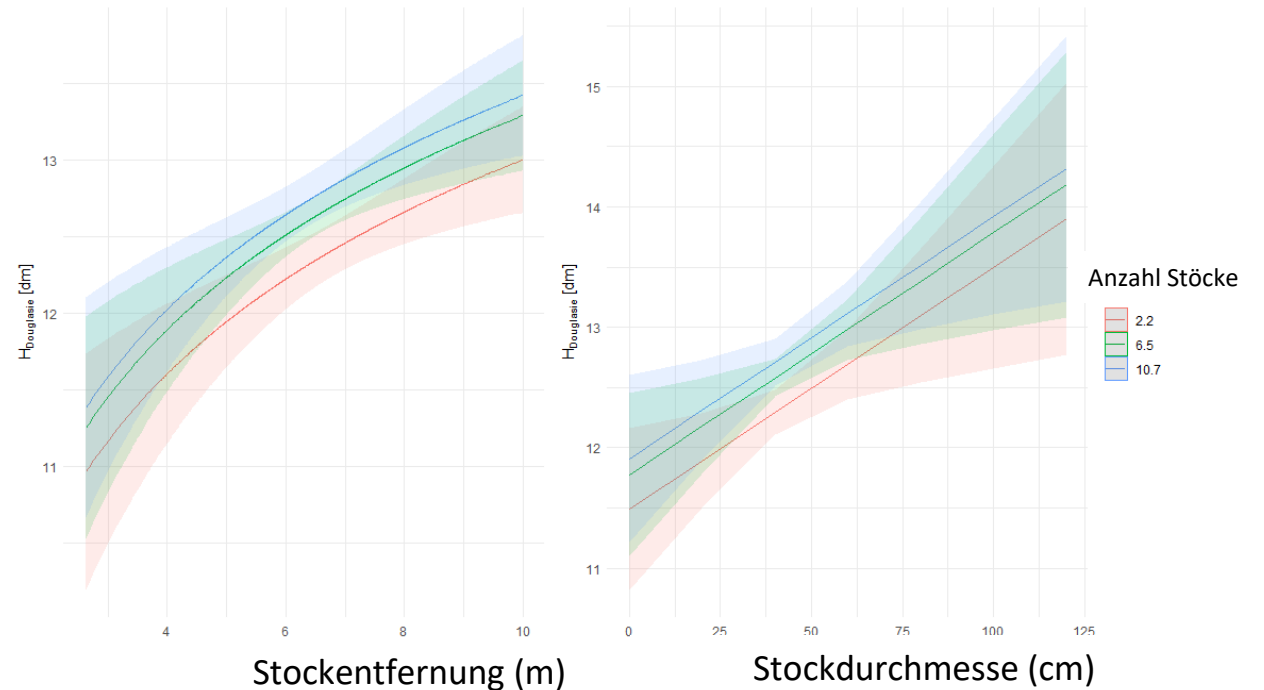
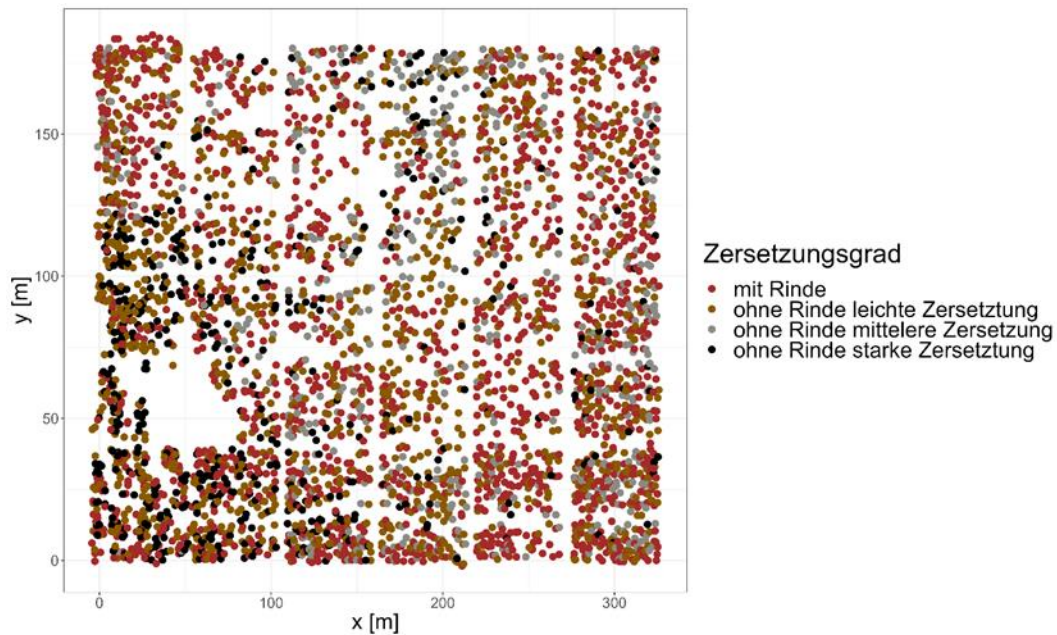
- 12 Versuchsanlagen (5 Baumartenmischungen)
- 4 Standorte
- jeweils 5 Mischungsvarianten, 3 Dichtestufen, 3 Wiederholungen)
- ca. 115 ha (ca. 75 ha Messfläche, > 500 Parzellen)
- 6 instrumentierte Versuchsanlagen zur Erfassung der Triebkräfte



Perspektiven

Auswertungsbeispiel: Zum Einfluss von Stöcken auf das Höhenwachstum von Douglasien Verjüngungspflanzen

Erfassung der Stöcke



Gesteigertes Höhenwachstum der Douglasie, wenn viele frische, dicke Stöcke in nicht zu naher Entfernung um das Bäumchen vorkommen

Perspektiven

Standards setzen und entwickeln,
Netzwerkbildung

rhenag: Traubeneiche – Tanne (Nordrhein-Westfalen)



Ruthenbeck 210: Traubeneiche – Kiefer (Mecklenburg-Vorpommern)



Elmenhorst 211: Bergahorn – Flatterulme (Mecklenburg-Vorpommern)



Perspektiven

Trainings- und Lehrflächen



Wunsch und Dank

Wunsch:

- Langfristige Erhaltung, Pflege der Versuchsanlagen
- Kontinuierliche Datengewinnung und Analyse
- Training

Herzlichen Dank an:

- Martin Nickel/Leonhard Steinacker
- Amt für Waldgenetik
- Bayerische Staatsforsten
- Bayerische Forstverwaltung
- Günter Biermaier

HIER WÄCHST DER WALD DER ZUKUNFT

Liebe Waldbesucherinnen und Waldbesucher,

Sie stehen vor einer Waldfläche, auf der die Entwicklung von Mischbeständen von der Pflanzung bis ins hohe Alter beobachtet und wissenschaftlich begleitet wird. Da Mischbestände häufig eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen und eine höhere Diversität als Reinbestände aufweisen, sind sie ein wichtiger Baustein in der Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel. Mit der Versuchsanlage soll das langfristige Zusammenwirken zweier Baumarten im Hinblick auf Kohlenstoffbindung, Resilienz und Diversität untersucht werden, und die Ergebnisse in Empfehlungen für den Waldumbau und die Behandlung von Mischbeständen münden.

Unter Federführung der Technischen Universität München werden in Zusammenarbeit mit den Bayerischen Staatsforsten, der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und dem Bayerischen Amt für Waldgenetik an vier Standorten insgesamt 12 Mischwälder angelegt.

Der Zaun dient dem Schutz der Verjüngungspflanzen und wird nach wenigen Jahren wieder entfernt.

VERSUCHSANLAGEN BITTE NICHT BETRETEN!

Standorte der Versuchsanlagen in Bayern mit entsprechenden Baumartenmischungen

- Buche - Douglasie
- Buche - Tanne
- Buche - Eiche
- Eiche - Kiefer
- Buche - Fichte

Als größtes zusammenhängendes Waldgebiet Südbayerns mit den sandigen Lehmböden der Münchener Schotterebene bietet der Ebersberger Forst äußerst günstige Bedingungen für den Standort eines Buchen-Eichen-Mischbestandes.

Buchen - Eichen - Mischbestand - Versuch

Mischbestände dienen als Zukunftsvorsorge: Auf dieser Versuchsfäche werden Buche und Eiche in Rein- und Mischbeständen begründet.

Mischungsintensität: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100

Bestandsdichte: gering, mittel, hoch

Variation der Mischungsintensität und Bestandesdichte von Buche und Eiche in den einzelnen Parzellen.

Pflanzung der Buchen-Eichen-Mischbestände nach festgelegtem Pflanzschema.

Position und Größe der Versuchsfäche „IX 16“ mit den Buchen-Eichen-Mischbeständen.

Sie befinden sich hier:

| | |
|-----------------|------------------------|
| Forstbetrieb | Wasserburg a. Inn |
| Revier | Kirchseon |
| Mischungstyp | Buche - Eiche |
| Flächengröße | 9,8 ha |
| Anzahl Pflanzen | 36.000 (mit Umfassung) |